

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО”**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ**

---

**Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

---

допущено  
кафедрою  
прізвище)

До захисту  
Завідувач  
О.І.Ролік  
(підпис) (ініціали,  
«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2018р

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту освітньо - кваліфікаційного рівня  
«спеціаліст» з напрямку спеціальності 151 «Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології»  
на тему : **«Автоматизована система управління  
процесами гідропонної ферми»**

**Студент групи** ІА-361с Літвінов Ігор Миколайович  
(шифр групи) ( прізвище, ім. 'я по батькові ) (підпис)

**Керівник проекту** к.т.н., доцент Новацький А.О.  
( прізвище, ім. 'я по батькові ) (підпис)

**Консультант** \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім. 'я по батькові ) (підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім. 'я по батькові ) (підпис)

Київ 2018

## **1 Найменування і область застосування**

- 1.1 Автоматизована система управління процесами гідропонної ферми.
- 1.2 Автоматизована система управління процесами гідропонної ферми може використовуватися для контролю і керування процесами гідропонної ферми, відслідковування змін параметрів стану поживного розчину, а також для оповіщення при екстрених станах.

## **2 Підстави для розробки**

- 2.1 Учебний план спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (шифр 151).
- 2.2 Завдання на дипломне проектування, видане керівником і затверджене завідувачем кафедри автоматики та управління в технічних системах НТУУ «КПІ».

## **3 Ціль та призначення розробки**

- 3.1 Створення автономної системи керування процесами гідропонної ферми, що дозволяє віддалено налаштовувати цільові параметри ферми (РН поживного розчину, електропровідність), підтримувати задані цільові значення та проводити моніторинг параметрів навколишнього середовища та стану ферми і відсилати дані отримані з датчиків на віддалений сервер для подальшого аналізу.

## **4 Джерела розробки**

- 4.1 Методичні вказівки до виконання дипломних проектів для студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
- 4.2 Довідкова, навчальна і наукова література.

## 5 Технічні вимоги

### 5.1 Параметри, що контролюються:

- 5.1.1 температура повітря:  $0..50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- 5.1.2 вологість повітря:  $20..80\% \pm 5\%$ ;
- 5.1.3 температура поживної суміші:  $10..40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- 5.1.4 PH суміші: 1..17;
- 5.1.5 рівень CO<sub>2</sub> в повітрі:  $0...2000\text{ppm} \pm 30\text{ppm}$ ;
- 5.1.6 провідність суміші:  $0.44..7\text{mS/cm} \pm 5\%$ ;
- 5.1.7 рівень поживної суміші;
- 5.1.8 присутність потоку води з помпи.

5.2 Контролер повинен працювати з наступними протоколами мережевого обміну: Wi-Fi;

5.4 Відображення параметрів контролю: LCD дисплей.

## 6 Стадії і етапи розробки

6.1	Розробка технічного завдання	До 15.09.2018г.
6.2	Розробка структурної схеми системи	До 20.09.2018г.
6.3	Розробка структурної схеми контролера	До 30.09.2018р.
6.4	Вибір окремих вузлів	До 05.10.2018г.
6.5	Розрахунки працездатності контролера	До 15.10.2018г.
6.6	Розробка принципової схеми	До 25.10.2018г.
6.7	Розробка схеми алгоритму та керуючої програми	До 30.10.2018г.
6.8	Розробка друкованої плати і складального креслення	До 05.11.2018г.
6.9	Оформлення текстових і графічних документів	До 7.12.2018г.
6.10	Представлення проекту до попередньої захисту	10.12.2018г.

## 7 Характер розробки

Текстові та графічні документи ДП повинні бути виконані на рівні технічного проекту і мати літеру Т.

## **8 Порядок контролю и прийому**

Оформлений дипломний проект підписується виконавцем, перевіряється і підписується керівником і консультантами з окремих розділів, проходить нормоконтроль, затверджується завідувачем кафедрою АУТС і представляється до захисту на ДЕК кафедри.

					<b><i>IA361C.071300.007 T3</i></b>	Лист
Зм	Лист	№ документа	Підпис			4

ВСТУП.....	5
1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ .....	8
1.1 Актуальність.....	8
1.2 Актуальність порівняно з традиційними методами .....	8
1.2.1 Цілорічні врожаї .....	8
1.2.2 Відновлення екосистем .....	8
1.2.3 Незалежність від примх природи.....	9
1.2.4 Органічні продукти .....	10
1.2.5 Раціональне використання води.....	10
1.2.6 Енергетична незалежність .....	11
1.2.7 Скорочення споживання енергоресурсів .....	11
1.3 Необхідність автоматизації .....	11
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	16
3 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ .....	17
3.1 Загальна характеристика гідропонних ферм .....	17
3.2 Типи гідропонних систем .....	17
3.2.1 Аеропоніка.....	18
3.3 Екологічні переваги.....	19
3.4 Збільшення впливу повітря.....	19
3.5 Культивування без хвороб .....	19
3.6 Економічні переваги.....	19
3.7 Огляд деяких рішень на ринку .....	20
3.7.1 Cloudponics .....	20
3.7.2 Niwa ONE.....	22
3 РОЗРОБКА ТА ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ .....	24
4 ВИБІР ТА ОПИС ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ .....	29
4.1 Технологія WIFI.....	29

					<b><i>IA361C.071300.007 ПЗ</i></b>								
<b>Изм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ документа</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>									
Разработал	Літвінов І				Автоматизована система управління процесами гідропонної ферми Пояснювальна записка				Литера	Лист	Листів		
Проверил	Новацкий А.А.										1	70	
									НТУУ “КПІ» ФІОТ				
Н. Конт..									<i>группа ІА-361с</i>				
Т. Утв.	Новацкий А.А.												

4.1.1	Загальні відомості.....	29
4.1.2	Протокол прикладного рівня.....	30
4.1.3	Модуль WiFi (ESP8266) .....	32
4.2	Мікроконтролер .....	37
4.2.1	Загальна характеристика.....	37
4.2.2	Розташування виводів мікроконтролера .....	38
4.3	Сенсор РН.....	39
4.3.1	Використання сенсору РН .....	41
4.4	Сенсор провідності рідини .....	43
4.4.1	Використання сенсору провідності рідини.....	44
4.5	Сенсор температури і вологості DH11 .....	45
4.6	Сенсор CO2 .....	47
4.7	Датчик потоку води .....	49
4.8	Сенсор рівня рідини.....	50
4.9	Пристрій виводу інформації.....	52
5	РОЗРАХУНКИ.....	53
5.1	Аналого – цифровий перетворювач.....	53
5.2	Розрахунок інтенсивності відмов.....	53
5.2.1	Розрахунок показників інтенсивності відмов інтегральних схем .....	53
5.2.2	Розрахунок інтенсивності відмов конденсаторів .....	55
5.2.4	Розрахунок інтенсивності відмов роз'ємів .....	56
5.2.5	Розрахунок інтенсивності відмов кнопок .....	56
5.2.6	Розрахунок інтенсивності відмов для друкованої плати.....	57
5.3	Повний розрахунок надійності.....	57
5.3	Діагностичне забезпечення.....	59
5.3.1	Загальні положення .....	59
5.3.2	Показники та характеристики діагностування .....	59

5.4 Вимоги до діагностичного забезпечення виробів .....	60
6 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ .....	62
6.1 Розробка і опис схеми алгоритму роботи контролера .....	64
7 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ .....	67
7.1 Плата .....	68
7.2 Складальне креслення .....	69
ВИСНОВКИ .....	70

## Перелік скорочень

АС - автоматична система  
АЦП - аналого-цифровий перетворювач  
ВС – віддалений сервер  
Д – датчики  
ДЕП - датчик електропровідності  
ДПВ - датчик потоку води  
ДРВ - датчик рівня води  
ДРВ - датчик рівня води  
ДРН - датчик РН  
ДСО<sub>2</sub> - датчик СО<sub>2</sub>  
ДТВ - датчик температури ті вологості  
МЕП – модуль сенсору електропровідності  
МК - мікроконтролер  
МПП – модуль підключення до інтернету  
МРН – модуль сенсору РН  
НП - нормуючий перетворювач  
ОІ - об'єкт вимірювання  
ОП – оператор  
ПВІ – пристрій відображення інформації  
РКД – рідкокристалічний дисплей  
РЗБРН – реле збільшення РН  
РЗМРН – реле зменшення РН  
РЗПС – реле збільшення концентрації поживної суміші



## ВСТУП

Зараз практично у всіх галузях промисловості для автоматизації систем управління використовуються мікроконтролери. Мікроконтролери зарекомендували себе добре завдяки своїй гнучкості порівняно зі схемами жорсткої логіки та можливості легкого перекодування при невеликих змінах алгоритму. У них уже є вбудовані таймери, АЦП, ЦАП, а отже непотрібно проектувати дані елементи в схемі та займатися їх розміщенням.

В наш час в умовах урбанізації та росту вартості оренди землі та виробничих площ гостро стає проблема максимально ефективного використання приміщень для виробництва аграрних продуктів. Для вирішення цієї проблеми в наш час, а також для вирощування продуктів в умовах жорсткого клімату часто використовують системи гідропонних ферм. Гідропонні ферми — це складні механізми, де потрібен постійний контроль та керування параметрами навколишнього середовища а також сповіщення при виникненні аварійних ситуацій. Застосування таких систем зараз актуально для невеликих підприємств, ресторанів та магазинів, де необхідно мати деякий резерв свіжої рослинної продукції або у країнах з жорстким кліматом, де використання стандартних методів сільського господарства неможливе або ускладнене. Через велику кількість контрольованих параметрів навколишнього середовища для створення комфортних умов життєдіяльності рослин та забезпечення активного росту та багатого врожаю сільськогосподарських культур для роботи та безперебійного постачання живильних речовин у кореневу систему необхідно автоматизувати велику кількість процесів. Наприклад щоб забезпечити необхідну концентрацію поживних речовин розбавлених у воді, що сприятиме швидкому росту рослини необхідно контролювати електричну провідність суміші та рівень pH. Для цього необхідно використовувати два датчики. Без сумніву можна було б використовувати недорогі разові тест набори, але для цього потрібно було б наймати додатковий обслуговуючий персонал, але таке рішення негативно би вплинуло на окуповуваність проекту. Окрім того для

максимального здоров'я рослин та найшвидшого росту необхідно також забезпечити високу концентрацію CO<sub>2</sub> у приміщенні гідропонної ферми. Високі концентрації CO<sub>2</sub> можуть негативно позначатися на самопочутті обслуговуючого персоналу. Також для усунення проблем пов'язаних з людськими помилками та збору інформації, що може в майбутньому використовуватися для вдосконалення та оптимізації бізнес процесів на аграрних підприємствах, або у мережах продуктових магазинів, які мають бажання самостійно займатися вирощуванням аграрних культур необхідна автоматизація всього процесу вирощування. В ідеалі персонал має лише час від часу усувати аварійні ситуації, замінювати витратні матеріали та виконувати огляд стану рослин для видалення хворих одиниць щоб звести до мінімуму ризик епідемії. Процес збору врожаю також можливо автоматизувати, але дана проблема вже виходить за рамки даного дипломного проекту. Отже в даній роботі в результаті буде розроблений продукт, в якому виробничий персонал лише має час від часу замінювати баки з живильною сумішшю, балон з CO<sub>2</sub> газом та нормалізаторні бачки для виставлення необхідного для даної сільсько-господарської культури рівня pH. А також доливати нову воду у систему живлення. Оскільки за основу була обрана аеропонна система зрошування рослин, то такі проблеми як заміна субстрату, в якому повинні знаходитися рослини не повинна виникати. В результаті буде отримана економна система компактного розміру для якої не потрібна наявність персоналу 24 години на добу. Звичайно всі системи можуть зламатися, тому для неї також необхідний блок котрий буде сигналізувати персонал про можливі аварійні ситуації та проблеми зі штатною роботою. Саме для цього система також повинна бути обладнаною wi-fi модулем. Через wi-fi автоматизована гідропонна ферма може зв'язуватися з сервером контролю, на який буде відсилатися інформація про наявні проблеми в системі, попередження про необхідність зміни наступного витратного матеріалу. При надходженні сигналу з попередженням на сервер, контролюючий інженер повинен виїхати на місце розташування

автоматизованої гідропонної ферми та провести ремонт або обслуговування системи. Завдяки такому підходу можна буде зменшити кількість залучених до роботи працівників та збільшити рентабельність всього виробництва. Перераховані проблеми можна вирішити завдяки використанню мікроконтролерів.

					<b><i>IA361C.071300.007.ПЗ</i></b>	Лист
						7
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

## 1.1 Актуальність

Гідропонні ферми мають низку переваг порівняно з традиційними методами вирощування врожаю на полях. Для початку буде перераховані плюси використання вертикальних ферм та гідропонних систем порівняно зі звичайним сільським господарством

## 1.2 Актуальність порівняно з традиційними методами

### 1.2.1 Цілорічні врожаї

Завдяки підтримці певного температурного і атмосферного мікроклімату всередині ферми, вирощувати необхідні культури і збирати урожай можна буде цілий рік, виключаючи необхідність закупівлі відсутніх продуктів в інших регіонах. Таким чином максимальна прибутковість такої системи буде саме в країнах з максимально жорстким кліматом. Наприклад в пустельних країнах на зразок Саудівської Аравії вирощування рослин традиційним метотом практично неможливе. Водночас через велику сонячну активність цей регіон має великі перспективи для будівництва гідропонних ферм. Практично цілорічне сонце як найкраще поєднується з беззупинним процесом росту в гідропонних фермах. Також важливим плюсом даного регіону є поява останнім часом хорошого інвестиційного клімату у зв'язку з пом'якшенням місцевого режиму і лібералізацією законодавства.

### 1.2.2 Відновлення екосистем

Вертикальні ферми допоможуть повернути значну частину сільськогосподарських земель назад в природу, поступово відновивши їх після агресивного землеробства з використанням хімікатів і добрив. Цей крок дозволить збільшити кількість лісів, що в свою чергу сприятиме зниженню рівня CO<sub>2</sub> в атмосфері. Згідно з наявними на даний момент даними, 1 га закритої гідропонній теплиці прирівнюється, в залежності від культури, до 4-6 га

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						8
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

відкритої площі. Наприклад, для полуниці 1 га закритої площі прирівнюється до 30 га відкритої. Також замість старих полів та гектарів теплиць можна буде побудувати нове житло не займаючи дорогу площу в смузі міста. Поля далеко за містом можна буде засадити молодим лісом повертаючи їх таким чином назад у лісові володіння. Дана проблема хоч і здається дріб'язковою, але у зв'язку з глобальним потеплінням та збільшенням температури світового океану понад на 1 градус по Цельсію та збільшенням кількості тропічних штормів вона набуває все більших і більших масштабів. Тож якщо вирубка тропічних лісів не зупиниться ми ризикуємо опинитися на достатньо недружній планеті з жорсткими непередбачуваними змінами клімату та жорсткими погодними умовами. Ефективне сільське господарство є одним з варіантів вирішення, або принаймні зменшення впливу на природу.

### 1.2.3 Незалежність від примх природи

Як було описано у минулому пункті клімат нашої планети стає все жорсткішим. Все частіше виникають сильні тропічні шторми, рясні зливи. Потужний град може повністю знищити весь врожай більшої частини країни. В таких умовах ціна врожаю стає дуже непередбачуваною, що дестабілізує економіку країн. Для захисту від граду необхідні парники з твердим і надійним покриттям, що достатньо не вигідно для звичайних теплиць. Єдиним виходом з цієї проблеми є гідропонні вертикальні ферми. Вони забезпечують більшу виробничу потужність на одиницю площі, що дозволяє ефективніше захищати їх від жорстких природних умов. Як і у випадку з цілорічними врожаєми у середніх широтах в пустелях та на льодовиках гідропонні ферми є єдиним можливим варіантом отримання свіжих продуктів рослинного походження. Крім того з'являється можливість вирощувати рослини, які взагалі не можуть рости в певних широтах, та особливо вередливих та складновирощуваних рослин. Всередині вертикальної ферми створюється повністю незалежна екосистема, що створює сприятливі умови для вирощування певних сільськогосподарських

культур, що виключає не тільки негативний вплив несприятливих природних факторів, а й проникнення шкідників і хвороб.

#### 1.2.4 Органічні продукти

Останнім часом в європейському союзі все більшу популярність набирає тренд органічних продуктів. Органічні продукти у зв'язку з тим, що вони вирощуються без пестицидів, гербіцидів та неорганічних добрив показують меншу врожайність та стійкість до хвороб та шкідників, а тому коштують дорожче. Вертикальні ферми дозволять повністю відмовитися від застосування гербіцидів, пестицидів та добрив, забезпечивши населення натуральної органічною продукцією. Застосування гідропонній і аеропонній технологій, що виключають використання ґрунту, позбавить рослини від багатьох ґрунтових хвороб і шкідників (капустянки, нематоди, сциарід, гнилі, грбковіе захворювання, фітофтора і т.д.), а завдяки більшій урожайності складатимуть достойну конкуренцію традиційним

#### 1.2.5 Раціональне використання води

В умовах сухого клімату, або островів прісна вода являє собою дефіцит. Системи опріснення та отримання води з повітря коштують достатньо дорого, а вся вироблена вода іде на потреби населення. Сільське господарство потребує нереально великої кількості води для поливу рослин. В таких умовах використання автоматизованих гідропонних та вертикальних ферм залишається єдиним реальним вибором. Закрита екосистема, яка створюється в середині гідропонних ферм надзвичайно економно використовує воду. Проекти вертикальних ферм припускають обладнання їх системами збору і очищення використаної води. Більш того, планується збір води утворюється в результаті евапотранспірації - випаровування з поверхні рослин. Тому данні проекти є безальтернативним вибором для пустель та засушливих регіонів.

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						10
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

### 1.2.6 Енергетична незалежність

Оснащення вертикальних ферм вітровими і сонячними установками зробить їх повністю енергетично незалежними. Прозорі зовнішні і внутрішні стіни дозволять максимально використовувати природне освітлення. Недолік сонячного світла компенсують органічні світлодіоди. Додатковою порцією енергії послужить переробка біомаси.

### 1.2.7 Скорочення споживання енергоресурсів

Вертикальні ферми не потребують тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки. Готова продукція поставляється в найближчі магазини і ресторани. Все це допоможе знизити транспортні витрати і скоротити споживання ресурсів планети, необхідних для виробництва техніки та забезпечення її паливом.

### 1.3 Необхідність автоматизації

В гідропонній фермі необхідно контролювати велику кількість параметрів навколишнього середовища причому велика кількість із них потребують цілодобового контролю. Звичайно через велику кількість контрольованих параметрів навколишнього середовища для створення комфортних умов життєдіяльності рослин та забезпечення активного росту та багатого врожаю сільськогосподарських культур для роботи та безперебійного постачання живильних речовин у кореневу систему необхідно автоматизувати велику кількість процесів. Автоматизована гідропонна автономна ферма матиме більший конкурентний потенціал та дозволить власнику швидше повернути вкладені гроші. Завдяки автоматизації відпадає необхідність в цілодобовій роботі контролюючого персоналу та лаборантів. Отримуючи данні з приладів можна точно сказати коли потрібно додати необхідний розчин або замінити воду, завдяки чому можна буде ефективніше використовувати добрива та воду, яка в засушливих регіонах має особливу цінність. Наприклад щоб забезпечити

необхідну концентрацію поживних речовин розбавлених у воді, що сприятиме швидкому росту рослини необхідно контролювати електричну провідність суміші та рівень РН. Для цього необхідно використовувати два датчики. Без сумніву можна було б використовувати недорогі разові тест набори, але для цього потрібно було б наймати додатковий обслуговуючий персонал, але таке рішення негативно би вплинуло на окуповуваність проекту. Також надзвичайно важливим та актуальним пунктом, що вимагає автоматизації є керування концентрацією CO<sub>2</sub>. Відомо, що для максимального здоров'я рослин та найшвидшого росту необхідно також забезпечити високу концентрацію CO<sub>2</sub> у приміщенні гідропонної ферми. Причому якщо вона буде більшою за оптимальну, то це призведе до хвороб рослин і як наслідок падіння врожаїв. Також високі концентрації CO<sub>2</sub> можуть негативно позначатися на самопочутті обслуговуючого персоналу. Хоча CO<sub>2</sub> і не є токсичним газом але у зв'язку з тим, що він важчий за кисень недбала робота з ним може призвести до асфексії. В менших концентраціях він може викликати запаморочення та негативно впливати на самопочуття та працездатність людей. Іншим важливим пунктом у автоматизації системи є боротьба з проблемами пов'язаними з людськими помилками. Як відомо люди завжди помиляються і, на жаль, в більшості випадків про помилки в даних системах стає відомо не відразу, а коли концентрація необхідних речовин сильно змінилася глобально, що в окремих випадках потребуватиме повної заміни живильного розчину або провітрювання приміщення в якому знаходиться автоматизована гідропонна ферма. В такому випадку будуть втрачені дорогоцінні ресурси, а в гіршому випадку вирощувані сільськогосподарські культури почнуть хворіти, або і взагалі загинуть. Також автоматизація процесів гідропонної ферми дає змогу отримувати данні про стан повітря, живильної суміші та клімату у приміщенні віддалено, що буде сприяти як і економічній частині промислового процесу, так і може слугувати для збору інформації з усіх датчиків та зберіганню її у базі даних, що дуже корисно і може в майбутньому використовуватися для вдосконалення та оптимізації бізнес



процесів на аграрних підприємствах, контролю витрат, підрахунку кількості втрачених ресурсів та навіть підбору оптимальних параметрів вирощування рослин у лабораторіях використовуючи методи big data та machine learning, що потенційно може ще більше збільшити і без того високу продуктивність вирощування сільськогосподарських культур. Автоматизація корисна навіть у мережах продуктових магазинів, які мають бажання самостійно займатися вирощуванням аграрних культур для автоматизації всього процесу вирощування. В ідеалі персонал має лише час від часу усувати аварійні ситуації, замінювати витратні матеріали та виконувати огляд стану рослин для видалення хворих одиниць щоб звести до мінімуму ризик епідемії. Процес збору врожаю також можливо автоматизувати, але дана проблема вже виходить за рамки даного дипломного проекту. Отже автоматизована система керування процесами гідропонної ферми в результаті буде являти собою продукт, в якому виробничий персонал лише має час від часу замінювати баки з живильною сумішшю, балон з CO<sub>2</sub> газом та нормалізаторні бачки для виставлення необхідного для даної сільсько-господарської культури рівня pH. А також доливати нову воду у систему живлення. Оскільки за основу була обрана аэропонна система зрошування рослин, як найбільш ефективна та багата на врожай, то такі проблеми як заміна субстрату для уникання виникання захворювань, в якому повинні знаходитися рослини не повинна виникати. В результаті буде отримана економна система компактного розміру для якої не потрібна наявність персоналу 24 години на добу. Звичайно всі системи можуть зламатися, тому для неї також необхідний блок котрий буде сигналізувати персонал про можливі аварійні ситуації та проблеми зі штатною роботою. Саме для цього система також повинна бути обладнаною wi-fi модулем. В максимальній версії також можлива інтеграція системи слідкування за здоров'ям рослин, але системи з такою високою автономністю мають дуже специфічні області використання, а тому були відкинуті. Через wi-fi автоматизована гідропонна ферма може зв'язуватися з сервером контролю, на який буде відсилатися інформація про

наявні проблеми в системі, попередження про необхідність зміни наступного витратного матеріалу. При надходженні сигналу з попередженням на сервер, контролюючий інженер повинен виїхати на місце розташування автоматизованої гідропонної ферми та провести ремонт або обслуговування системи. Завдяки такому підходу можна буде зменшити кількість залучених до роботи працівників та їх професійний рівень та збільшити рентабельність всього виробництва. Наприклад роль хіміка-лаборанта буде виконувати набір датчиків контролю, а отже непотрібно буде виділяти зарплатню для фахівця, та оплачувати його переміщення до місць розташування автоматизованих гідропонних ферм. Всі перераховані проблеми вище можна вирішити задяки виркористанню мікроконтроллерів та набору різних датчиків підключених до них. У нас в країні даний підхід до вирішення сільськогосподарських проблем ще не дуже популярний, але з ростом вимог людей до якості продуктів харчування та у зв'язку з постійним ростом цін в Україні з часом деякі підприємства будуть переходити на таку модель роботи і скоріше всього однією з перших галузей, що будуть використовувати дані технології буде вирощування екзотичних квітів.

Автоматизована система управління процесами гідропонній ферми призначена для застосування у якості інструменту для моніторингу та змін параметрів стану навколишнього середовища а також подачі необхідної кількості харчової суміші до кореневої системи рослин, щоб забезпечити їх максимально можливий ріст та урожайність.

В наш час в умовах урбанізації та росту вартості оренди землі та виробничих площ гостро стає проблема максимально ефективного використання приміщень для виробництва аграрних продуктів. Для вирішення цієї проблеми, а також для вирощування продуктів в умовах жорсткого клімату часто використовують системи гідропонних ферм. Гідропонні ферми — це складні механізми, де потрібен постійний контроль та керування параметрами навколишнього середовища а також сповіщення при виникненні аварійних ситуацій.

Застосування таких систем зараз актуально для невеликих підприємств, ресторанів та магазинів, де необхідно мати деякий резерв свіжої рослинної продукції або у країнах з жорстким кліматом, де використання стандартних методів сільського господарства неможливе або ускладнене. В пустелях такий метод вирощування не має альтернатив, а беручі до уваги складність транспортування продуктів при високих температурах в пустельних регіонах планети такі системи будуть надзвичайно актуальними.

					<b><i>IA361C.071300.007.ПЗ</i></b>	Лист
						15
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1 Контролер призначений для керування процесами гідропонної ферми в режимі реального часу та передачі даних для моніторингу стану ферми у мережу за допомогою wi-fi, та підтримує вимірювання параметрів в наступних діапазонах:

Параметри, що контролюються:

2.1.1 температура повітря:  $0..50^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ;

2.1.2 вологість повітря:  $20..80\%\pm 5\%$ ;

2.1.3 температура поживної суміші:  $10..40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ;

2.1.4 РН суміші: 1..17;

2.1.5 рівень CO<sub>2</sub> в повітрі:  $0..2000\text{ppm}\pm 30\text{ppm}$ ;

2.1.6 провідність суміші:  $0.44..7\text{mS/cm}\pm 5\%$ ;

2.1.7 рівень поживної суміші;

2.1.8 присутність потоку води з помпи;

2.2 Контролер працює з наступними протоколами мережевого обміну:

– Wi-Fi;

2.3 Відображення параметрів контролю: LCD дисплей;

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

***IA361C.071300.007.ПЗ***

Лист

16

## 3 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Загальна характеристика гідропонних ферм

Гідропоніка – це спосіб вирощування рослин на штучних середовищах без ґрунту. Харчування рослини отримують з живильного розчину, що оточує коріння. Гідропоніка дозволяє регулювати умови вирощування рослин - створювати режим харчування для кореневої системи, що повністю забезпечує потреби рослин в поживних елементах, концентрацію вуглекислого газу в повітрі, найбільш сприятливу для фотосинтезу, а також регулювати температуру повітря і кореневого простору, вологість повітря, інтенсивність і тривалість освітлення. Створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин забезпечує отримання дуже високих врожаїв, кращої якості і за більш короткий термін. Вирощування рослин у такий спосіб є менш трудомістким, ніж в ґрунтовій культурі, вода і поживні речовини витрачаються економніше. Подача живильного розчину легко автоматизується. В умовах гідропоніки практично відпадає боротьба з бур'янами. Гідропоніка застосовується також в науково-дослідній роботі.

### 3.2 Типи гідропонних систем

Існує кілька різновидів гідропонних систем. В цілому, їх можна розділити на дві основні групи: «Пасивні» і «Активні». В «пасивних» системах живильний розчин не піддається якомусь механічному впливу й доставляється до коріння за рахунок капілярних сил. Такі системи отримали назву - гнотові.

Всі «Активні» системи, так чи інакше, вимагають циркуляції живильної рідини, що досягається за допомогою насосів. Більшість з них потребує паралельної системи аерації (насичення киснем живильного розчину).

Існують сотні модифікацій гідропонних систем, але всі вони - це різновид (або комбінація) шести основних типів:

1. Гнотова система
2. Система глибоководних культур (метод «плавучої платформи»)
3. Система періодичного затоплення
4. Техніка живильного шару (NFT)
5. Система крапельного поливу
6. Аеропоніка

Автоматизована система управління процесами гідропонній ферми, яка буде розроблятися у даному дипломному проєкті буде слугувати для керування аеропоніки, оскільки використання аеропоніки дозволяє створювати повністю автоматичні системи вирощування рослин, які значно простіше систем з використанням субстрату.

### 3.2.1 Аеропоніка

Основний принцип аеропонного вирощування рослин - це розпорошення аерозолем в закритих або напівзакритих середовищах поживного, багатого мінеральними речовинами, водного розчину. Сама рослина закріплюється опорною системою, а коріння просто висять у повітрі, зрошувані живильним розчином. Суміш подається до коренів безперервно або через короткі проміжки часу так, щоб коріння не встигали висохнути. Листя і стовбур рослини ізольовані від зони розпилення. При такому підході середа залишається вільною від шкідників і хвороб, пов'язаних з ґрунтом, а значить рослини можуть рости здоровими і швидше, ніж рослини, вирощені в ґрунті.

### 3.3 Екологічні переваги

Аeropонне вирощування рослин вважається безпечним і екологічно чистим способом отримання природних, здорових рослин і сільськогосподарських культур. Також додатковими екологічними перевагами aeropоніки є економія води та енергії. У порівнянні зі звичайним вирощуванням рослин, aeropоніка передбачає більш низьке споживання води і витрат енергії на одиницю продукції.

### 3.4 Збільшення впливу повітря

Аeropоніка оптимізує великий доступ до повітря для більш успішного росту рослин на відміну від методів з використанням субстрату. Рослини в aeropонному апараті мають 100% доступ до CO<sub>2</sub>, що сприяє прискореному зростанню рослини.

### 3.5 Культивування без хвороб

У aeropоніці можна обмежити передачу інфекції шляхом швидкої ізоляції зараженого місця. У випадку з ґрунтом, хвороба може поширитися по всій живильному середовищі, заражаючи багато рослин.

Також метод aeropоніки автоматично позбавляє рослини від хвороб, які притаманні ґрунті, а також від великої кількості шкідників, що живуть в землі.

### 3.6 Економічні переваги

Основна економічна перевага aeropоніки полягає в тому що для її виробництва не потрібно землі, а як наслідок можливе створення багаторусних теплиць для виробництва їжі. Такий підхід допоможе вирішити проблеми обмеженої кількості площі для культивування рослин, а також дозволить вирощувати їжу в пустелях, тундрі і інших непридатних для сільського господарства районах Землі.

### 3.7 Огляд деяких рішень на ринку

На превеликий жаль, неможливо знайти чітке описання роботи мікроконтролерів систем керування у зв'язку з промисловою таємницею фірм. Гідропонні системи є досить складними електромеханічними пристроями, які містять інтелектуальні системи управління. Зокрема в гідропонних системах регулюється температура, подача та склад харчового розчину, вологість та багато інших характеристик роботи систем. Далі буде наведено деякі рішення, які можна знайти зараз на ринку.

#### 3.7.1 Cloudponics



Рисунок 2.1 – вигляд Cloudponics GroBox

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

**IA361C.071300.007.ПЗ**

Лист

20



Американський стартап Cloudponics виготовляє компактні бокси для домашнього використання. Вони використовують принцип All inclusive та продають повністю автоматизовану систему для вирощування рослин вдома. На даний момент ціна їх системи GroBox складає \$2490.

Вони пропонують наступні реалізовані характеристики:

1. Система освітлення PHYTOMAX 200 LED GROW LIGHTS
2. Вентилятор витяжки
3. Вугільний фільтр для видалення запаху
4. Датчик ЕС
5. Сенсор рН
6. Дозування харчової суміші для 3 поживних речовин
7. Аеропонна камера росту на 6 рослин
8. Датчик температури води
9. Резервуар для чистої води
10. Резервуар для змішування поживних речовин
11. Датчик температури повітря
12. Циркуляційний вентилятор
13. рН + та — дозування
14. Датчик вологості
15. Датчик світла
16. Помпа для аеропонного поливу
17. Помпа для чистої води
18. Програма керування під Iphone та Android
19. Автоматичний замок на двері
20. Розміри: 66x28x28”
21. Ціна GroBox: \$2490

Недоліком данного аналогу є достатньо висока ціна та як наслідок непридатність його використання у промислових масштабах. Вони скоріше

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						21
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

позиціонують себе як дорогу іграшку для домашнього використання, ніж як промисловий зразок.

### 3.7.2 Niwa ONE



Рисунок 2.2 – вигляд Niwa One

Niwa ONE - це повністю автоматизована гідропонна система, яка автоматично налаштовує параметри необхідні рослинам. Niwa ONE буде поливати, доставляти поживну суміш та налаштовувати оптимальні умови вирощування цілодобово.

Програма Niwa поставляється з бібліотекою Growing Programs для найпопулярніших рослин, овочів та трав. Кожна програма розростання допомагає вам доглядати за рослинами поки вони не дозріють. Ви також можете отримати доступ до тисяч інших програм росту, розроблених та перевірених іншими виробниками у спільноті.

### Характеристики:

1. Лампа лампа CFL 80 / 125W Кольорова температура 6500 ° K
2. Нагрівач — 100w
3. Водяна помпа 300L/h
4. Wi-Fi підключення
5. програма керування на iOS та Android

Недоліком данного проекту також є висока ціна та спрямування на приватне використання. В той час як данною системою зручно користуватися вдома, в промислових масштабах вона наврядчи окупиться.

					<b><i>IA361C.071300.007.ПЗ</i></b>	Лист
						23
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

### 3 РОЗРОБКА ТА ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Повна оцінка стану гідропонної ферми та навколишнього середовища має велике значення для успішного вирощування врожаю. Для проведення такої оцінки необхідна апаратура, що дозволяє змінювати параметри стану системи, аналізувати, зберігати, обробляти і відображати отриману інформацію. Система такого роду може бути побудована на такому комплекті вимірювальних перетворювачів:

1. датчик температури повітря і вологості;
2. датчик температури поживної суміші;
3. датчик рівня РН суміші;
4. датчик рівня CO<sub>2</sub> в повітрі;
5. датчик провідності суміші;
6. датчик рівня поживної суміші;
7. датчик потоку води;

Для роботи було обрано контролер AVR Atmega 128, для виконання наступних функцій:

1. збір інформації від датчиків і блоку введення користувача;
2. вироблення керуючих впливів на виконавчі блоки.

Мікроконтролер є основною ланкою керування процесами ферми, програмами росту, а також їх параметри записані в пам'яті МК. Мікроконтролер здійснює керування такими блоками:

1. Помпа для водяної суміші
2. Помпа для зміни РН
3. Помпа для подачі мінерального розчину

Сигнали, що надходять на входи мікроконтролера до АЦП:

1. Сигнал від зонду з датчиком РН про рівень кислотності поживного розчину

2. Сигнал від зонду з датчиком електричної провідності про рівень провідності поживного розчину

Також контролер приймає цифрові сигнали:

1. Сигнал про наявність потоку рідини від помпи
2. Сигнал від датчику температури та вологості зі значеннями температури та вологості повітря
3. Сигнал від датчику температури зі значеннями температури суміші
4. Сигнал від датчику наявності води про достатню кількість води в резервуарі.
5. Сигнал від датчику CO<sub>2</sub> про концентрацію вуглекислого газу у камери вирощування рослин

Важливо зауважити, що під час вибору всіх елементів, перевага надавалась датчикам з вбудованими нормуючими перетворювачами. Датчик рівня води потрібен для того, щоб підтримувати достатню кількість води під час роботи ферми та виключити можливість висихання рослин. Датчик температури та вологості потрібен, оскільки різні рослини, потребують різних параметрів вирощування. Виходом датчику є цифровий сигнал. Це означає що АЦП перетворювач для даного вузла не потрібен. Для датчиків CO<sub>2</sub>, PH та електропровідності в даній системі керування не обов'язково використовувати фільтри нижніх частот, оскільки сигнали з виходів давача є подібними до інформаційних сигналів. В сигналах немає високочастотних складових. Оскільки в даній роботі ми будемо використовувати вбудований в мікроконтролер Atmega 128 АЦП, який має 8 вхідних каналів. Аналоговий мультиплексор в даній системі використовуватися не буде, оскільки потрібно контролювати лише 2 параметра, які потрібно оцифровувати за його допомогою тому в розроблюваній системі ми його не включимо. Вбудований АЦП буде виконувати функцію оцифрування поточних значення контрольованих параметрів. З виходу АЦП, маючи двійковий код, мікроконтролер порівнює поточне значення контрольованого параметру з

значенням, що отримано з ВС. Цільове значення з ВС подається на вхід ПІД-контроллера та виробляє управляючий вплив відповідно до сигналу розузгодження й обраним законом управління, що задається підпрограмою ПІД-контроллера.

Для відображення можливих помилок системи та можливості моніторингу стану системи при відсутності підключення до мережі інтернет або у випадку недоступності ВС використовується РКД. На виході РКД є 16 пінів. Із них DB0-DB3 відповідають за молодші біти 8-бітного інтерфейсу в нашому варіанті підключення їх не потрібно. 11-14 - DB4-DB7, старші біти інтерфейсу. Саме вони будуть використовуватися для підключення РКД до мікроконтроллера. Це означає що для цієї процедури потрібно 5 виводів від мікроконтроллера. Блок вводу режимів роботи не потрібний оскільки все управління буде відбуватися за допомогою завантаження параметрів роботи з віддаленого серверу, які будуть використовуватися для налаштування відповідних параметрів роботи гідропонної ферми та одну з додаткових функцій гідропонної ферми. В даній системі керування не буде використовуватися керування рівнем CO<sub>2</sub>. Власник ферми повинен для цього використовувати іншу систему. У майбутніх версіях виробу можливе встановлення газобалонного обладнання для того щоб з CO<sub>2</sub> балону газ потрапляв у приміщення де буде розташована гідропонна ферма. Для керування розприскуванням субстрату буде використовуватися одна основна водяна помпа та запасний насос. При несправності в основному насосі датчик руху води детектує відсутність роботи та контролер подасть сигнал на вмикання другого насоса. Датчик рівня води контролює щоб рівень води у резервуарі не падав нижче критичного рівня. Якщо це відбувається, то програма відсилає попередження на ВС. Відсилається повідомлення про нестачу води. Контроль за температурою та вологістю також повинен здійснюватися за допомогою стороннього обладнання. Потрібно також контролювати такий обов'язковий параметр, як закриття дверей гідропонної ферми, оскільки ми розробляємо систему керування для гідропонної ферми, яка може використовуватися для

вирощування цікавих рослин. Необхідною умовою безаварійної роботи гідропонної ферми є реле – блокування дверей, котре в мінімаліній версії продукту не обов'язкове. Вище зазначалось, що для якісної та надійної роботи нашої гідропонної ферми, повинна бути якісно розроблена система керування, що має керувати роботою деяких параметрів, для яких необхідні датчики, тобто на платі повинні бути роз'єми для датчиків. Правильна робота системи можлива без нормуючих перетворювачів, оскільки напруга на його виході відповідає діапазону значень, що може сприйняти АЦП.

Інформація про поточне значення параметрів контролю знімається з датчиків.

					<b><i>IA361C.071300.007.ПЗ</i></b>	Лист
						27
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		





## 4 ВИБІР ТА ОПИС ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 4.1 Технологія WIFI

#### 4.1.1 Загальні відомості

Загальна тенденція в області автоматизації полягає в заміні традиційної централізованої системи управління на розподілене управління шляхом розміщення інтелектуальних датчиків і виконавчих механізмів поруч з керованим процесом. Це викликано зростанням числа проводів зв'язку, збільшенням кількості з'єднань, складністю діагностики помилок і проблемами з надійністю. Тому для забезпечення зв'язку було обрано технологію бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11В. В даний час технологія знаходить широке застосування на віддаленому або небезпечному виробництві, там, де знаходження оперативного персоналу пов'язано з підвищеною небезпекою або зовсім скрутно. Наприклад, для завдань телеметрії на газовидобувних підприємствах, а також для контролю за переміщенням персоналу і транспортних засобів в шахтах і рудниках, для визначення знаходження персоналу в аварійних ситуаціях.

Зазвичай схема мережі Wi-Fi містить не менше однієї точки доступу і не менше одного клієнта. Існує режим підключення точка-точка (Ad-hoc), що дає можливість підключення лише двох клієнтів, коли точка доступу не використовується, а за допомогою мережевих адаптерів клієнти з'єднуються «безпосередньо». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі. За допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт / с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт / с - найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Клієнт може з'ясувати, чи можливе підключення до даної точки доступу знаючи SSID мережі. Приймач може вибирати між точками доступу на підставі даних про силу сигналу під час знаходження в зоні дії двох точок доступу з ідентичними SSID. Стандарт Wi-Fi дає клієнтові повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання. Використання пристроїв Wi-Fi на підприємствах обумовлено високою

завадостійкістю, що обумовлює їх застосування на підприємствах з великою кількістю металевих конструкцій.

#### 4.1.2 Протокол прикладного рівня

Для передачі даних на сервер буде використовуватися протокол прикладного рівня HTTP. Обмін повідомленнями йде по звичайній схемі «запит-відповідь». Для ідентифікації ресурсів HTTP використовує глобальні URI. На відміну від багатьох інших протоколів, HTTP не зберігає свого стану. Це означає відсутність збереження проміжного стану між парами «запит-відповідь».

Основою HTTP є технологія «клієнт-сервер», тобто передбачається існування:

1. Споживачів (клієнтів), які ініціюють з'єднання і надсилають запит;
2. Постачальників (серверів), які очікують з'єднання для отримання запиту, виробляють необхідні дії і повертають назад повідомлення з результатом.

В даній реалізації клієнтом виступає контроллер, який буде відправляти інформацію на сервер, де вона і буде зберігатися для подальшого аналізу. Обмін даними між клієнтом і сервером відбувається за допомогою методів HTTP.

Метод HTTP (англ. HTTP Method) - послідовність з будь-яких символів, крім керуючих і роздільників, яка вказує на основну операцію над ресурсом. Зазвичай метод являє собою короткий англійське слово, записане великими літерами (GET, POST, DELETE). Назва методу чутлива до регістру.

Сервер може використовувати будь-які назви методів, не існує вимог для обов'язкових методів для сервера або клієнта. Імплементация певних методів також не обов'язкова. Якщо сервер не розпізнав вказаний клієнтом метод, то він повинен повернути статус 501 (Not Implemented). Якщо серверу метод відомий, але він непридатний до конкретного ресурсу, то повертається повідомлення з кодом 405 (Method Not Allowed). В обох випадках сервера слід включити в повідомлення відповіді заголовок Allow зі списком підтримуваних методів.

Крім методів GET і HEAD, часто застосовується метод POST.

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						30
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Контролер системи керування автоматизованої гідропонної ферми буде використовувати методи GET і POST для зв'язку з сервером, тому сервер повинен їх підтримувати.

Метод GET Використовується для запиту вмісту зазначеного ресурсу. За допомогою методу GET можна також почати будь-який процес. В цьому випадку в тіло листа у відповідь слід включити інформацію про хід виконання процесу. Клієнт може передавати параметри виконання запиту в URI цільового ресурсу після символу «?», наприклад:

GET /path/resource?Param1=value1&param2=value2 HTTP/1.1

Відповідно до стандарту HTTP, запити типу GET вважаються Ідемпотентними.

Контролер буде використовувати метод для отримання команд з серверу для зміни стану системи.

Метод POST застосовується для передачі користувацьких даних на заданий ресурс (сервер). Наприклад, в блогах відвідувачі зазвичай можуть вводити свої ремарки до записів в HTML-форму, після чого вони надсилаються до сервера за допомогою методу POST і він зберігає, а потім поміщає їх на сторінку. При цьому надіслані дані (в прикладі з блогами - текст коментаря) включаються в тіло запиту. Аналогічно за допомогою методу POST зазвичай завантажуються файли на сервер.

На відміну від методу GET, метод POST не є ідемпотентним, тобто багаторазове повторення одних і тих же запитів POST може повертати різні результати (наприклад, після кожної відправки коментаря з'являтиметься чергова копія цього коментаря).

При результаті виконання 200 (Ok) в тіло відповіді слід включити повідомлення про підсумок виконання запиту. Якщо був створений ресурс, то сервера слід повернути відповідь 201 (Created) із зазначенням URI нового ресурсу в заголовку Location.

Повідомлення відповіді сервера на виконання методу POST НЕ кешується.

В системі керування процесами автоматизованої гідропонної ферми метод буде використовуватися для надсилання показів датчиків на сервер. Тобто структура мережі буде являти собою контроллер-сервер-клієнт.

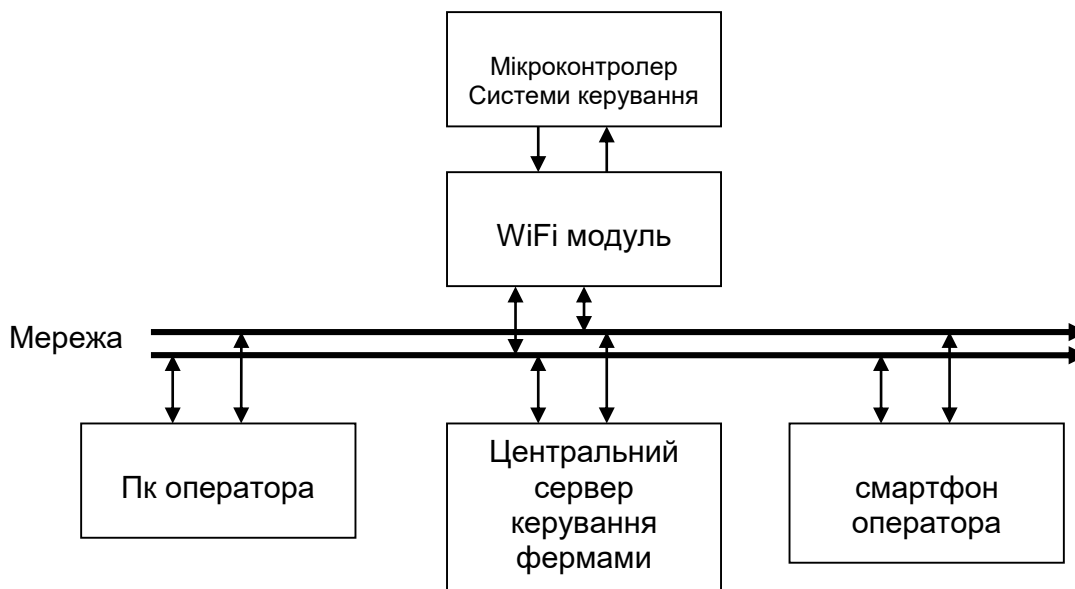


Рисунок 4.1 – Структура мережі керування

#### 4.1.3 Модуль WiFi (ESP8266)

Для зв'язку через технологію вайфай було обрано модуль ESP8266. Основним плюсом даного модуля є невисока вартість. ESP8266 - мікроконтролер китайського виробника Espressif з інтерфейсом Wi-Fi. Крім Wi-Fi, мікроконтролер відрізняється відсутністю флеш-пам'яті в SoC, програми користувача виконуються із зовнішнього флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI.

Модуль, що обрано для платі - це мініатюрний WiFi модуль на базі мікросхеми ESP8266 з вбудованим стеком протоколу TCP / IP і управлінням AT-командами. Чіп створений для використання в розумних розетках, mesh-мережах, IP-камерах, бездротових сенсорах, що носить електроніці і так далі. Передбачено два варіанти використання чіпа: 1) міст UART-WIFI, коли модуль на базі ESP8266 підключається до існуючого рішення на базі будь-якого іншого мікроконтролера і управляється AT-командами, забезпечуючи зв'язок

рішення з інфраструктурою Wi-Fi; 2) реалізуючи нове рішення, яке використовує сам чіп ESP8266 в якості керуючого мікроконтролера.

ESP8266 об'єднує найважливіші компоненти на платі, включаючи компоненти керування живленням, TR-перемикач, RF balun, максимальна потужність + 25dBm PA, тому ESP8266 гарантує лише найнижчу вартість BOM і легко вбудовується в будь-яку систему. ESP8266 BOM - це єдині зовнішні резистори, конденсатори та кристали.

Основний послідовний інтерфейс (SI) може працювати в двох, трьох, чотирьохпроводних шинах, використовується для керування EEPROM або іншими пристроями I2C / SPI. Кілька пристроїв спільно використовують дводіапазонну шину I2C. Кілька SPI-пристроїв для спільного використання синхросигнал та сигналів даних, а також відповідно до вибору чіпа, кожен з яких керується шпильками GPIO за допомогою програмного забезпечення. SPI може використовуватися для керування зовнішніми пристроями, такими як серійний спалах, аудіо CODEC або іншими підлеглими пристроями, встановлення, що надає їм три різних штифти, що робить його стандартним основним пристроєм SPI. SPI\_EN0 SPI\_EN1 SPI\_EN2 Підпорядкований SPI використовується як основний інтерфейс, що надає підтримку SPI master та slave SPI. У вбудованих додатках SPI\_EN0 використовується як сигнал включення, роль зовнішнього серійного спалаху, завантаження прошивки та / або MIB-даних в основну смугу. У програмах на базі хостів, прошивки, і ви можете вибрати один MIB даних, завантажених через хост-інтерфейс обидва. Цей контактний сигнал активний, коли не слід залишатись без зв'язку. SPI\_EN1 часто використовується для користувацьких програм, наприклад, для керування вбудованими програмами або зовнішнім ADC датчиком аудіо кодеків. Цей контактний сигнал активний, коли не слід залишатись без зв'язку. SPI\_EN2 часто використовується для керування EEPROM, зберігаючи окремі дані (окремі дані), такі як MIB-інформація, MAC-адреса та дані калібрування, або для загального користування. Цей контактний сигнал активний, коли не слід залишатись без зв'язку.

Модуль можна підключити до контроллера використовуючи наступну схему підключення з використанням TTL логіки по UART-інтерфейсу.

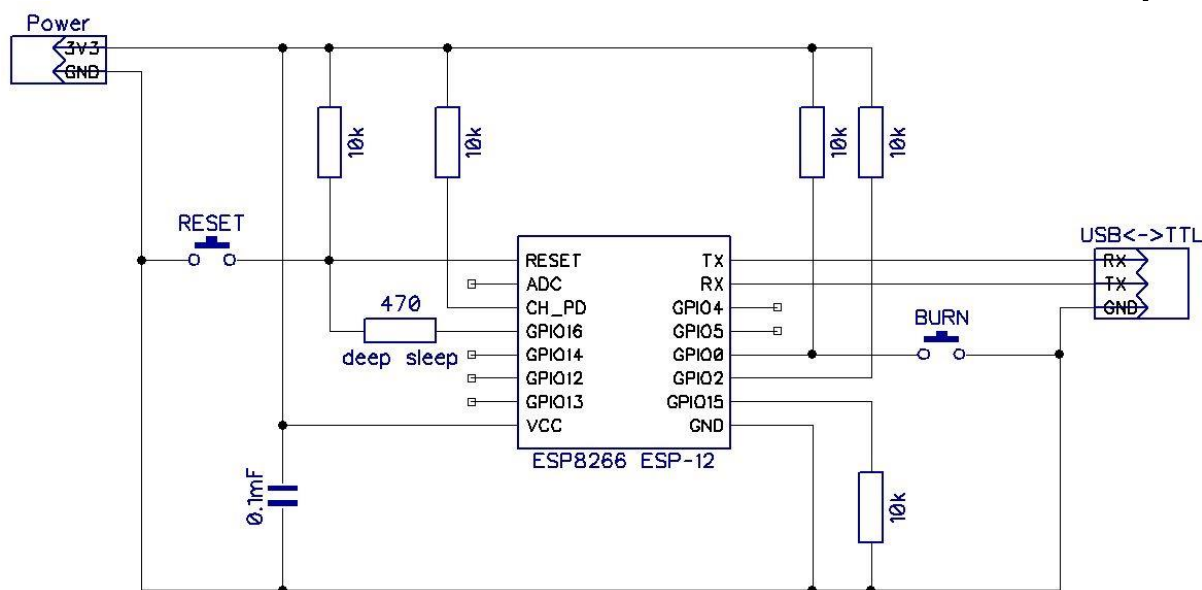


Рисунок 4.2 – Схема підключення по UART

В даному випадку застосовується модуль ESP8266ex WI07с, який має два світлодіоди для індикації харчування і виведення TX. Він працює з напругою 3.3 В, а швидкість передачі даних по послідовному порту становить 115200 бод. Вивід CH\_PD повинен перебувати в високому логічному стані.

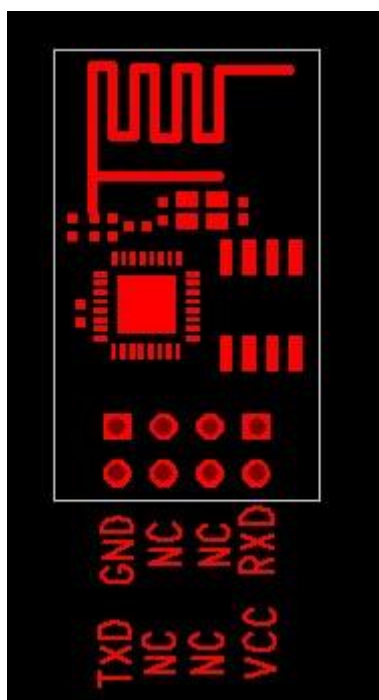


Рисунок 4.3 – Схема модуля і виводів

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

**IA361C.071300.007.ПЗ**

Лист

34

### Характеристики:

1. 802.11 b / g / n
2. Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
3. Вбудований стек протоколу TCP / IP
4. Інтегрований перемикач TR, балун, МШУ, підсилювач потужності та відповідна мережа
5. Вбудовані PLL, регулятори, DCXO та блоки управління живленням
6. + 19,5 дБм вихідної потужності в режимі 802.11b
7. Вимкнення струму витоку <10uA
8. 1 Мб флеш-пам'ять
9. Інтегрований 32-розрядний процесор з малою потужністю може бути використаний як процесор додатків
10. SDIO 1.1 / 2.0, SPI, UART
11. STBC, 1 × 1 MIMO, 2 × 1 MIMO
12. Агрегація A-MPDU & A-MSDU та інтервал захисту 0,4 мс
13. Прокидайтеся та передавайте пакети в <2ms
14. Споживана потужність в режимі очікування <1,0 мВт (DTIM3)

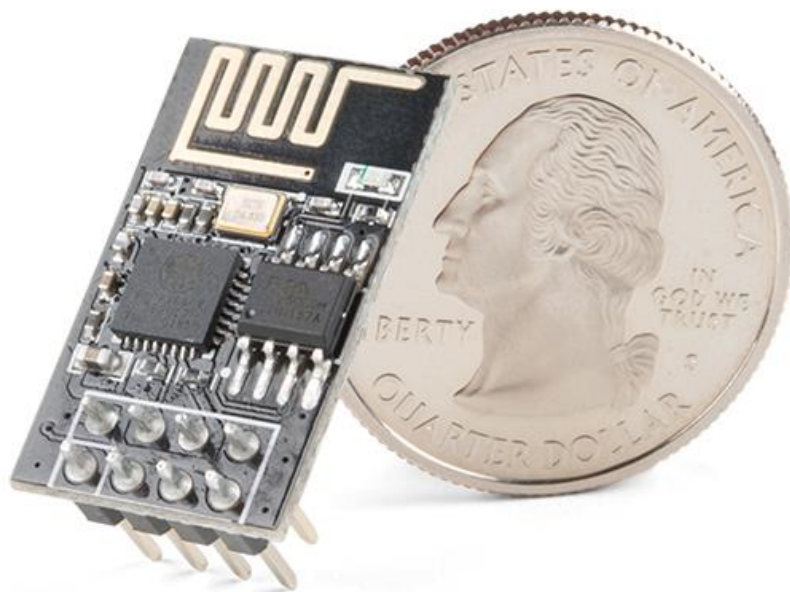


Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд



## 4.2 Мікроконтролер

### 4.2.1 Загальна характеристика

В роботі використаний мікроконтролер ATmega 128.

ATmega128 – малопотужний 8 – розрядний КМОП мікроконтролер, який оснований на розширеній AVR RISC архітектурі. ATmega128 досягає 1 млн. операцій в секунду, оскільки більшість команд виконується за один машинний цикл. AVR ATmega 128 - 8-бітний AVR має 64 виводами типу вхід – вихід. Вмонтована внутрішньо системна FLASH пам'ять, яку є можливість програмувати.

AVR-ядро об'єднує багату систему команд і 32 робочих регістра загального призначення. Всі 32 регістра безпосередньо пов'язані з арифметико-логічним пристроєм (АЛП), що дозволяє отримати доступ до двох незалежним регістрів при виконанні однієї команди. В результаті ця архітектура дозволяє забезпечити в десятки разів більшу продуктивність, ніж стандартна CISC-архітектура.

ATmega 128 має наступні характеристики: Енергонезалежна пам'ять програм и даних; 128 КБ внутрішньо системної самопрограмувальної FLASH пам'яті з кількістю циклів перепрограмування до 10 000; 4096 байт EEPROM із припустимою кількістю циклів стирання записи до 100 000, 40 вивідний корпус PDIP, 44 вивідний корпус TQFP, і 44 контактний MLF; 32 робочих регістру загального призначення; Розвинена RISC архітектура; один 16- бітний таймер/лічильник із програмувальним режимом порівняння й захоплення; лічильник реального часу із програмувальним генератором; чотири ШІМ генератора; 8 каналів, 10 - бітних АЦП; JTAG (IEEE1149.1 сумісний) інтерфейс; функція Reset для включення живлення і функція вимикання для зниження напруги живлення; 2 USART; Master/Slave SPI послідовний інтерфейс; Вбудований аналоговий компаратор; сканування пам'яті відповідно до JTAG стандартом; 131 команда, більшість виконується за один машинний такт; 64 виводи типу вхід – вихід; Напруга живлення – від 4.5 В до 5.5 В;

Atmega128 містить наступні характеристики та елементи: 128 кбайт внутрішньосистемно програмувальної FLASH пам'яті з підтримкою функції читання під час запису, 4 кбайт статичного ОЗУ, 53 лінії універсального вводу - виведення, 32 універсальних робочих регістру, лічильник реального часу (RTC), чотири гнучкі таймери – лічильники з режимами порівняння та ШІМ, двопровідний послідовний інтерфейс орієнтований на передачу байт, 8-канальний 10 – розрядний АЦП із диференціальним входом та програмувальним коефіцієнтом підсилення, програмувальний сторожовий таймер із внутрішнім генератором, послідовний порт SPI, тестовий інтерфейс JTAG сумісний зі стандартом який також використовується для програмування, шість програмно обираємих режимів зменшення потужності.

Прилад виготовлений по високоплотной незалежній технології виготовлення пам'яті компанії Atmel. Вбудована ISP Flash дозволяє перепрограмувати пам'ять програми в системі через послідовний SPI-інтерфейс програмою-завантажувачем, що виконується в AVR-ядрі, або звичайним програматором енергонезалежній пам'яті. Програма-завантажувач здатна завантажити дані з будь-якого інтерфейсу, наявного у мікроконтролера. Програма в завантажувальному секторі залишиться активним навіть при завантаженні області пам'яті прикладної програми, забезпечуючи реальний режим "зчитування під час запису".

Atmega128 підтримується різними програмними засобами та інтегрованими засобами розробки, такими як компілятори C, макроасемблера, програмні отладчики / симулятори, внутрісхемні емулятори та ознайомчі набори.

#### 4.2.2 Розташування виводів мікроконтролера

Розташування виводів мікроконтролера наведено на малюнку 4.5.

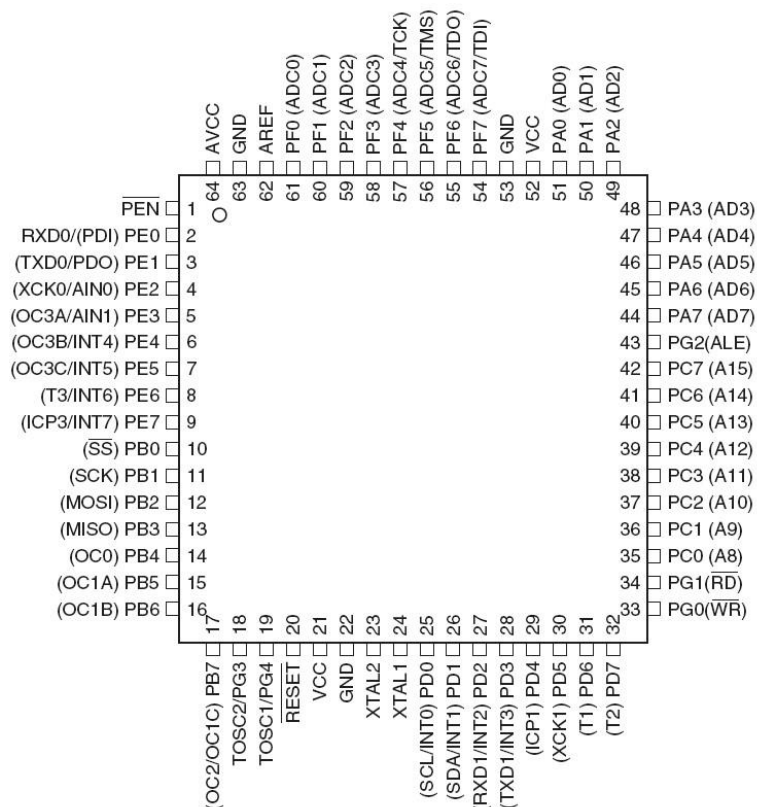


Рисунок 4.5 – Розташування виводів мікроконтролера

### 4.3 Сенсор рН

Для вимірювання рН поживної суміші було використано датчик Gravity Analog pH Meter (SKU: SEN0161). Датчик рН, є комбінованим електродом, який забезпечує напругу, пропорційну рН розчину, що відповідає рН 7 з опором напруги 2,048 В ланцюга, з невизначеністю  $\pm 0,25$  рН. Для отримання точного значення цих датчиків необхідно провести калібрування та компенсувати вихід датчика для зміни температури від температури калібрування.

Як і інші комбіновані електроди (датчик потенціалу окислювально-відновного потенціалу), зонд рН можна підключити до сокету BNC-роз'єму. Для вимірювання рН суміші був обраний Gravity Analog pH Meter (SKU: SEN0161). Данний детектор має світлодіодний індикатор, який працює як індикатор живлення, роз'єм BNC та інтерфейс сенсора PH2.0. Для під'єднання необхідно підключити датчик рН до роз'єму BNC та увімкнути інтерфейс PH2.0 до аналогового вхідного порту контролера. Якщо це попередньо запрограмовано, ви легко отримаєте значення рН. Поставляється в компактній пластиковій

коробці з пінопластом для кращого мобільного зберігання. Оскільки в сенсор також вбудований термометр, то він буде використовуватись також для вимірювання температури живильного розчину, що дещо спростить конструкцію системи та розводку плати. Аналоги або менш точні та потребують більш складного підключення, або набагато дорожчі.

#### Характеристики:

1. Модуль потужності: 5.00В
2. Розмір модуля: 43 мм × 32 мм
3. Діапазон вимірювань: 0-14pH
4. Вимірювання температури: 0-60 °C
5. Точність:  $\pm 0.1\text{pH}$  (25 °C)
6. Час відгуку:  $\leq 1$  хв
7. Датчик pH з роз'ємом BNC
8. Інтерфейс PH2.0 (патч на 3 фути)
9. Потенціометр регулювання посилення
10. Світлодіодний індикатор живлення
11. Довжина кабелю від сенсора до роз'єму BNC: 660 мм

#### Розміри електрода:

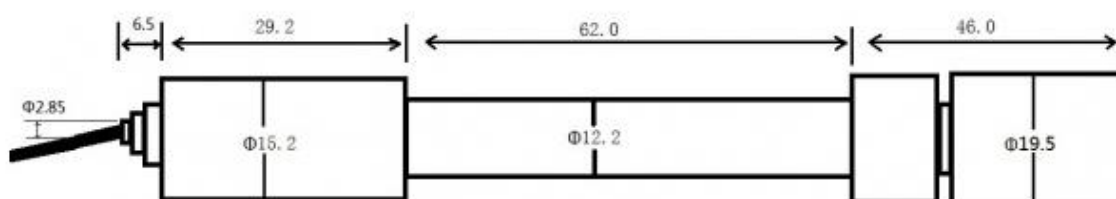


Рисунок 4.6 – вигляд електрода pH

Характеристикою електрода є функція залежності напруги від значення pH розчину, який вимірюється. Значення певних величин можна побачити в таблиці характеристик електрода.

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Рисунок 4.7 – характеристики електрода

#### 4.3.1 Використання сенсору рН

Для досягнення максимальної точності необхідно використовувати комутаційне джерело живлення та напругу, максимально наближену до + 5,00 В. Більш точна напруга дає більш високу точність.

Перед тим, як електрод постійно використовувати кожен раз, потрібно провести його калібрування за стандартним розчином, щоб отримати більш точні результати. Найкраща температура навколишнього середовища становить близько 25 °С, а значення рН відомі та надійні, близькі до вимірюваного значення. Для вимірювання кислотного зразка, значення рН стандартного розчину повинне становити 4.00. Для вимірювання лужного зразка, значення рН стандартного розчину повинно бути 9.18.

Перед вимірюванням рН-елекτροдом різних розчинів, повинна використовуватися вода для його миття. Рекомендується використовувати деіонізовану воду.

Кроки калібрування детектору:

1. Необхідно підключити обладнання. Електрод рН підключається до роз'єму BNC на панелі рН-модуля. Коли на контролер подається потужність, ви загоряється синій світлодіод на панелі.
2. Необхідно увімкнути програму калібрування на контролері.

3. Покласти рН-електрод в стандартний розчин, значення рН якого становить 7,00, або безпосередньо закоротити вхідний з'єднувач BNC. Відкривши веб інтерфейс, ви можете побачити на ньому вказане значення рН, і помилка не перевищує 0,3.
4. Покласти рН-електрод в стандартний розчин рН, значення якого дорівнює 4.00. Потім зачекайте приблизно одну хвилину, програма відрегулює потенціал посилення пристрою, щоб значення стабілізувалося приблизно на 4.00. У цей час кислотна калібрування було завершено, і ви можна виміряти значення рН кислого розчину.  
Примітка. Якщо ви хочете виміряти значення рН іншого розчину, ви повинні спочатку промити рН-електрод!
5. Згідно з лінійною характеристикою самого електродного рН, після наведеної вище калібрування можна безпосередньо виміряти значення рН лужного розчину, але, для отримання більшої точності, можна перекалібрувати і його. Значення лужної калібрування використовують стандартний розчин, значення рН якого становить 9,18.

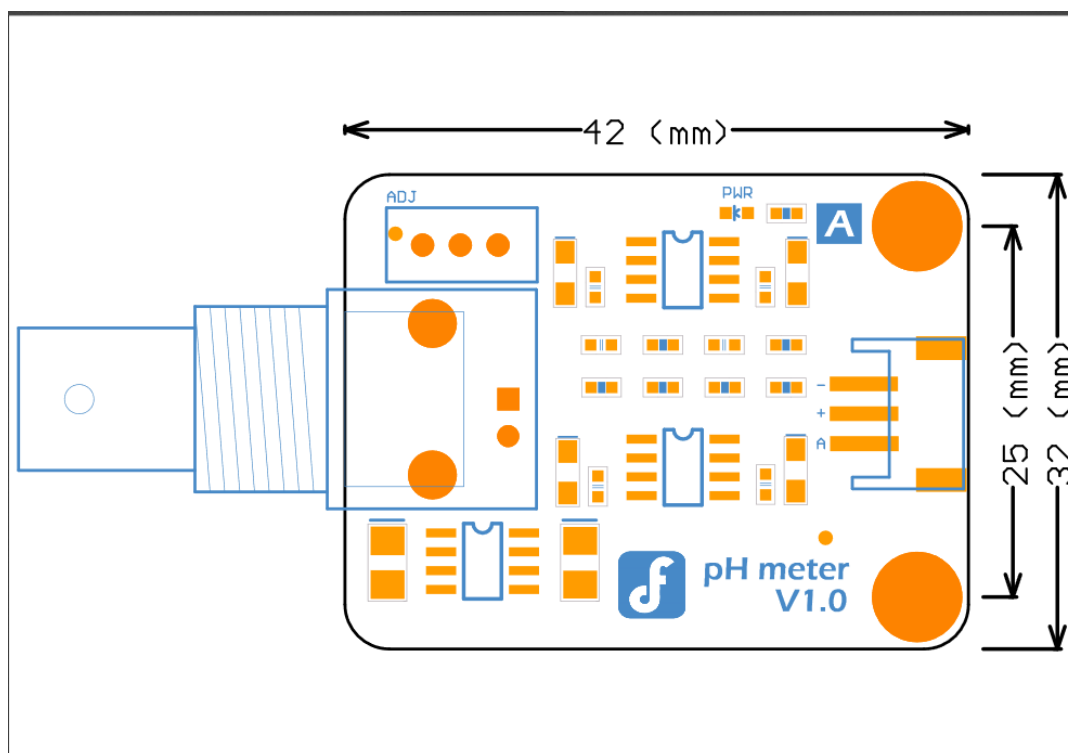


Рисунок 4.8 – модуль РН

#### 4.4 Сенсор провідності рідини

Аналоговий вимірювач електропровідності спеціально використовується для вимірювання електричної провідності водного розчину, для оцінки якості води, яка часто використовується у промисловостях пов'язаних з водними культурами, аквакультурами, екологічних дослідженнях води та інших галузях.

Цей виріб підтримує 3 ~ 5В діапазон вхідного напруги і сумісний з платами 5 В і 3.3 В; Вихідний сигнал, відфільтрований апаратним обладнанням, має низький джитер; Джерело збудження приймає сигнал змінного струму, який значно знижує ефект поляризації, підвищує точність та подовжує термін служби датчика; Бібліотека програмного забезпечення використовує метод двоетапного калібрування і може автоматично ідентифікувати стандартний буферний розчин, що робить роботу з сенсором простою та зручною.

Електрод можна підключити до сокету BNC-роз'єму модуля електропровідності, який вже можна підключити безпосередньо до контроллера.

Характеристики:

1. Робочий напруга: +5.00 В
2. Розмір друкованої плати: 45 × 32 мм (1.77x1.26 ")
3. Діапазон вимірювань: 1мс / см - 20мс / см
4. Робоча температура: 5 - 40 °C
5. Точність:  $\leq \pm 10\%$  F.S (використовуючи Arduino 10 біт АЦП)
6. Інтерфейс PH2.0 (3-контактний SMD)
7. Провідність Електрод (конвент Електрод K = 1, BNC роз'єм)
8. Довжина кабелю електрода: близько 60 см (23,62 ")
9. Датчик температури DS18B20 (водонепроникний)
10. Індикатор потужності

#### 4.4.1 Використання сенсору провідності рідини

Перед використанням сенсору необхідно провести процес калібрування, аналогічний до процесу калібрування сенсору РН:

Для цього необхідно виконати наступні кроки:

1. Увімкнути програму калібрування.
2. Промити зонд дистильованою водою, потім поглинути залишки крапель води папером. Вставте зонд у стандартний буферний розчин 1413US / см, акуратно перемішайте, поки значення не стабільні.
3. Запустити калібрування
4. Дочекайся виконання калібрування
5. Промийте зонд дистильованою водою, потім поглинайте залишки водяними краплями папером. Вставте зонд у стандартний буферний розчин 12,88 мс / см, акуратно перемішайте, поки значення не стабілізуються.
6. Після того, як значення стабільні, можна відкалібрувати систему другий раз. Подібно до першого етапу калібрування, конкретні кроки з запуску програми є аналогічними.
7. Після виконання вищезазначених кроків завершення двоточнової калібрування завершується, а датчик може бути використаний для фактичного вимірювання. Відповідні параметри в процесі калібрування були збережені в EEPROM основної контрольної плати.





Рисунок 4.9 – сенсор електропровідності

#### 4.5 Сенсор температури і вологості DH11

DHT11 - це простий, недорогий цифровий сенсор температури та вологості. Він використовує ємнісний датчик вологості і термістор для вимірювання температури навколишнього повітря, і надсилає цифровий сигнал на цифровий вхід (немає потреби в аналогових перетворювачах). Він досить простий у використанні, але вимагає час для зчитування даних. Єдиним реальним недоліком цього датчика є те, що можна отримувати нові дані лише один раз на 2 секунди.

1. Особливості:
2. Повна компенсація температурного діапазону
3. Відносна вологість і температура вимірювання
4. Калібрований цифровий сигнал
5. Видатна довгострокова стабільність

6. Додаткові компоненти не потрібні
7. Довга відстань передачі
8. Низьке енергоспоживання
9. 4 штифти упаковані і повністю взаємозамінні

Цей датчик включає компонент вимірювання вологості резистивного типу та компонент вимірювання температури NTC і підключається до високопродуктивного 8-розрядного мікроконтролера, що забезпечує чудову якість, швидку реакцію, здатність до захисту від перешкод та економічність. Кожен елемент DHT11 суворо калібрується в лабораторії, що є надзвичайно точним при калібруванні вологості. Коефіцієнти калібрування зберігаються як програми в пам'яті OTP, які використовуються процесом детектування внутрішнього сигналу датчика.

Однопровідний послідовний інтерфейс робить систему інтеграції швидко і легко. Його невеликий розмір, низька енергоспоживання і передача сигналу до 20 м, що робить його найкращим вибором для різних застосувань, включаючи ті, що найбільш вимогливі.

Таблиця 4.10 – Характеристики

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	± 5 %RH	± 2 °C	1	4 Pin Single Row

Коли DHT виявляє сигнал про початок, він надсилатиме сигнал відповіді на низькій напрузі, який триватиме 80US. Потім програма DHT встановлює рівень напруги даних для однієї шини від низької до високої та зберігає її для 80US для підготовки DHT для надсилання даних.

Коли DATA Single-Bus знаходиться на рівні низької напруги, це означає, що DHT надсилає сигнал відповіді. Після того, як DHT відправить сигнал відповіді, він піднімає напругу і зберігає його на 80US і готується до передачі даних.

Коли DHT надсилає дані на MCU, кожен біт даних починається з рівня низької напруги 50us, а довжина наступного сигналу високої напруги визначає, чи біт даних "0" або "1"

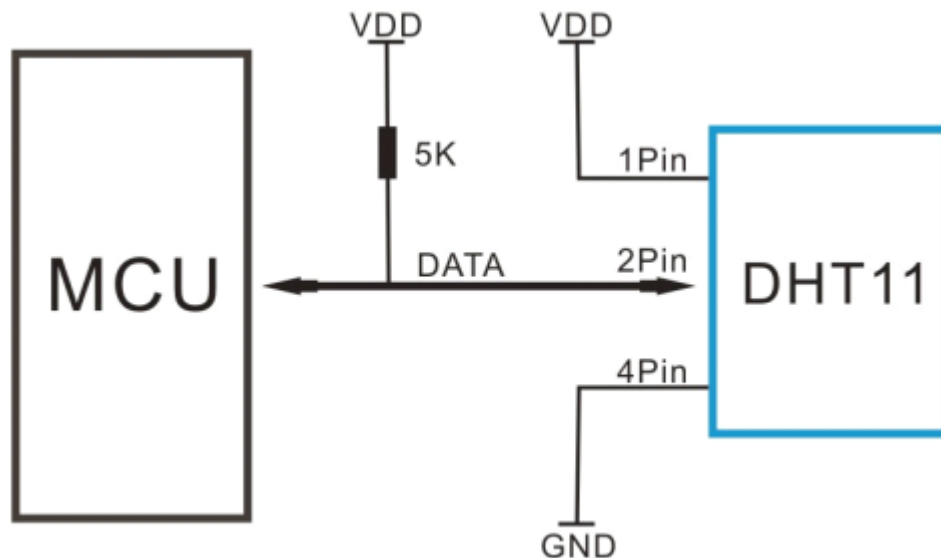


Рисунок 4.11 – Схема підключення DH11

#### 4.6 Сенсор CO2

У якості CO2 сенсора був обраний TelAire T6713 CO2. Датчик CO2 CO2 серії T6713 поєднує перевірену технологію NDIR з невеликими розмірами та низькими вимогами до потужності, які вимагають сучасні виробники OEM. Це ідеально підходить для застосувань, де рівень вуглецю потрібно вимірювати та контролювати для якості повітря в приміщенні та енергозберігаючих застосувань, таких як контроль вентиляції. T6713 - це єдиний датчик NDIR з довжиною хвилі. Він постійно контролює навколишнє середовище та записує найнижчі значення, потім використовує автоматичну логіку калібрування фону (ABC), щоб компенсувати збережену калібрування датчика. Це означає, що

датчик найкраще застосовується у тих випадках, коли середовище періодично знижується до рівня навколишнього середовища (~ 400 ppm).

#### Особливості

1. Компактна конструкція та низька потужність
2. Надійна технологія NDIR зондування
3. Усуває необхідність калібрування за допомогою ABC Logic
4. Гнучкий вихід для інтеграції з іншими мікропроцесорними пристроями
5. Висотна компенсація може бути додана, якщо висота відома

Модуль можна підключити до контролера використовуючи наступну схему підключення з використанням TTL логіки по UART-інтерфейсу.

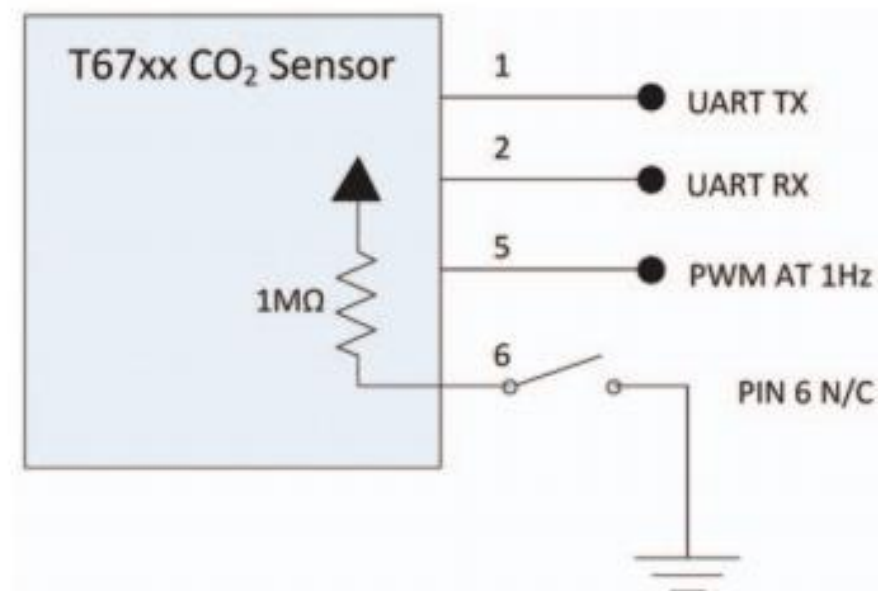


Рисунок 4.12 – Схема сенсору CO<sub>2</sub>

#### Технічні характеристики:

1. Діапазон вимірювань: 0-2000 ppm CO<sub>2</sub>
2. Точність: ± 30ppm ± 3% від читання
3. Інтервал калібрування: не обов'язково
4. Час відгуку: <3 хвилини при 90% зміні кроку

5. Оновлення сигналу: кожні 5 секунд
6. Час розігріву: <2 хвилини до експлуатації
7. Час розігріву: 10 хвилин до максимальної точності
8. Цифровий вихід: I2C, UART через Modbus
9. Швидкість виходу: період циклу 1002 мс (~ 1 Гц) або 40 мкс (25 КГц)
10. Розміри: 1,08 x 0,787 x 0,34 дюйма (30 x 15,6 x 8,6 мм).
11. Вхід живлення: 4.5-5.5 В постійного струму
12. Поточний струм: пік 200mA, середній 25mA

#### 4.7 Датчик потоку води

Сенсор потоку води необхідний для контролю за якістю аерації. Якщо аерація припиниться, або буде недостатньою рослина може загинути. У якості сенсора обрано Gravity: Water Flow Sensor (1/2") YF-S201 Датчик Gravity Water Flow Sensor вимірює швидкість проходження рідини через неї.

Датчик витрати води YF-S201 складається з корпусу пластикового клапана, потоку ротора та датчика ефекту хоу. Він звичайно використовується на вхідному кінці для виявлення кількості потоку. Коли рідина протікає через датчик, магнітний ротор буде обертатися, а швидкість обертання змінюється залежно від швидкості потоку. Датчик ефекту хоу виведе сигнал ширини імпульсу. Підключивши його до мікроконтролера, можна контролювати кілька пристроїв, таких як кавоварка, спринклер або що-небудь ще, і контролювати витрату води відповідно до ваших потреб.

1. Внутрішній діаметр: 11 мм
2. Зовнішній діаметр: 20 мм
3. Доказний тиск води: <1,75 МПа
4. Діапазон подачі води: 1-30 л / хв
5. Діапазон напруги: 3.5 ~ 12 В
6. Робочий струм: 15 mA (DC 5V)
7. Ізоляційна стійкість: > 100 МОм

8. Точність:  $\pm 5\%$  (2 ~ 30л / хв)
9. Високий імпульсний вихідний рівень:  $> 4.7$  В постійного струму (вхідна напруга постійного струму 5 В)
10. Вихідний імпульсний низький рівень:  $< 0,5$  В постійного струму (вхідна напруга постійного струму 5 В)
11. Вихідний імпульсний збиток:  $50\% \pm 10\%$
12. Формула водяного потоку: 1Л = 450 квадратних хвиль
13. Діапазон робочої вологості: 25% ~ 95% RH (без замерзання)
14. Розміри: 62 \* 36 \* 35 мм / 2,44 \* 1,37 \* 1,37 дюйма
15. Вага: 52г

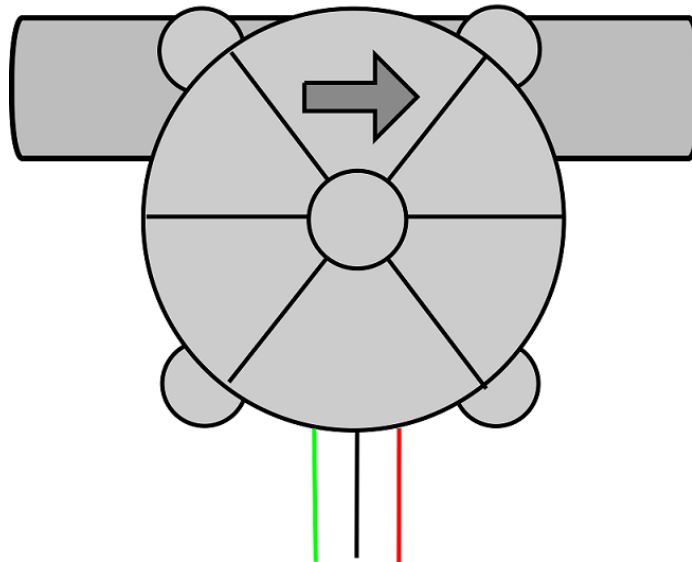


Рисунок 4.13 – Схема сенсору CO2

#### 4.8 Сенсор рівня рідини

У якості сенсора рівня води використовується недорогий поплавковий вимикач фірми SODIAL.

Сенсори рівня рідини SODIAL працюють за прямим, простим принципом. У більшості моделей поплавків, що оточує стаціонарний стовбур, обладнаний потужними постійними магнітами. Коли поплавець підвищується або знижується з рівнем рідини, магнітне поле, яке утворюється в межах поплавця, запускає герметично закритий, магнітний перемикач, встановлений всередині стовбура. Стебло виготовляється з немагнітних металів або міцних, інженерних пластмас. При монтажі вертикально, цей базовий дизайн забезпечує постійну точність  $\pm 1/8$  дюйма. Багатостанційні поплавкові вимикачі використовують окремий герзовий перемикач для кожної контрольної точки.

Бокові навісні поплавкові вимикачі використовують різні способи активації через їхнє горизонтальне відношення. Основний принцип, однак, однаковий: внаслідок прямого підйому або падіння рідини, магнітне поле переміщується в безпосередній близькості до тростинного перемикача, викликаючи його спрацьовування.



Рисунок 4.14 – Датчик рівня рідини

Надійність магнітного поплавкового перемикача. Тривале будівництво цих магнітних тростинних перемикачів забезпечує тривалий, безпроблемний сервіс. Коли ефекти удару, зносу та вібрації зведені до мінімуму, ці герметичні герметичні вимикачі забезпечують точність повторюваності з не більше ніж 1% відхилення. Точки спрацьовування датчика залишаються незмінними протягом терміну служби поплавкового вимикача. Багато людей зазвичай вибирають поплавкові вимикачі та магнітні тростинні вимикачі, оскільки вони надмірно надійні, прості та є економічним способом визначення рівня рідини. Ці датчики можуть бути зроблені з різних матеріалів і сумісні з більшістю рідких середовищ. Ці датчики призначені для активації, коли носії знаходяться на одному рівні високої або низької точки.

#### 4.9 Пристрій виводу інформації

У якості LCD дисплею був обраний дисплей марки Arducam C0048.

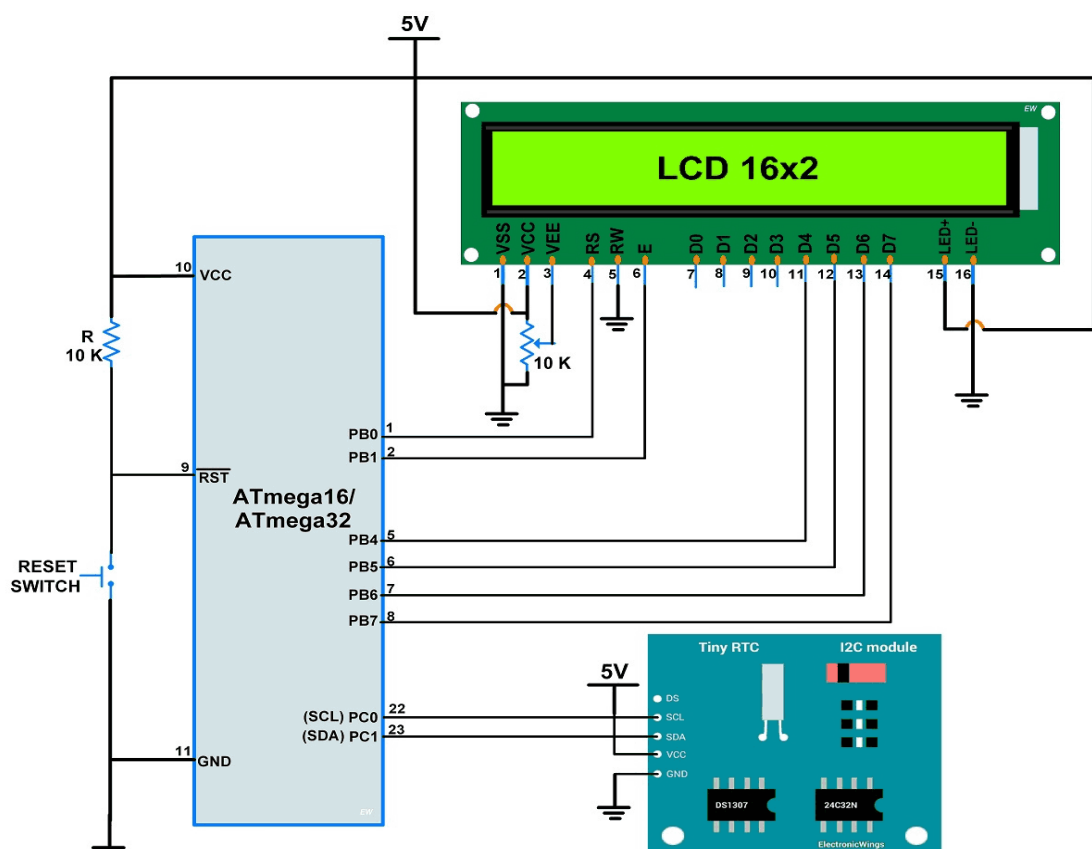


Рисунок 4.15 –Схема підключення



## 5 РОЗРАХУНКИ

### 5.1 Аналого – цифровий перетворювач

Мікроконтролер ATmega128 має вбудований АЦП. Виконаємо розрахунок абсолютної і відносної помилки перетворення, а також максимальну допустиму частоту вищої гармоніки спектра вхідного сигналу для даного АЦП. Кількість розрядів вихідного коду в мікросхемі одно ( $N_p = 10$ ), діапазон значень вхідної напруги  $U_{v\max} - U_{v\min} = 5,11 \text{ В}$ .

Тому отримуємо:  $N_d \leq 2^{10} = 1024$ ;

$$\Delta U = 5110/1023 = 5 \text{ мВ}.$$

Значить абсолютна помилка перетворення АЦП не перевищуватиме 2.5 мВ, тобто:

$$\Delta_{\text{абс}} \leq 2.5 \text{ мВ}$$

Відносна - не буде перевищувати (50/1023) [%], тобто:

$$\delta_{\text{отн}} \leq (50/1023) \approx 0,049\%.$$

Величина кроку квантування за часом повинна бути не менше ніж ( $t_{\text{пртв.АЦП}} + t_{\text{скид}}$ ), де  $t_{\text{пртв.АЦП}} \leq 13 \text{ мкс}$  час перетворення АЦП;

$t_{\text{скид}} \geq 2 \text{ мкс}$  – час скидання АЦП, тобто не менш 15 мкс. Це означає, що максимальна допустима частота вищої гармоніки спектра вхідного сигналу для даного АЦП за теоремою Котельникова дорівнює:

$$f_{\max} = 1 / [2 * (t_{\text{пртв.АЦП}} + t_{\text{скид}})] \approx 33,333 \text{ кГц}.$$

### 5.2 Розрахунок інтенсивності відмов

#### 5.2.1 Розрахунок показників інтенсивності відмов інтегральних схем

Інтенсивність відмов ІС при експлуатації лямбда-еі визначають по / 14, таблиця 5.1.6 / або розраховують за формулою (5.11):

$$\lambda_{\text{еі}} = \lambda_0 * K_1 * K_n, \quad (5.1)$$

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

де  $\lambda_0$  – інтенсивність відмов ІС для нормальних умов експлуатації визначають по /14,таблиця 5.1.1 / або розраховують по (5.12);

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує проведення заходів по підвищенню надійності,  $K_n = 0.1$ ;

$\lambda_{\text{эi}}$  – інтенсивність відмов при експлуатації, спосіб її вибору для кожної ІС - різний.

Спосіб визначення  $\lambda_{\text{эi}}$  вибирають в такий спосіб:

1) якщо ІС включена в /14,таблиці 5.1/, то  $\lambda_{\text{эi}}$  визначають по формулі (6.12), використовуючи для цього  $\lambda_0$  з цієї таблиці, інакше слід звернутися до /14,таблиця 5.1.4/;

2) якщо ІС відмічена символом #, то  $\lambda_{\text{эi}}$  визначають по /14,таблиця 5.1.6/.

3) якщо ІС відмічена символом \*, то  $\lambda_{\text{эi}}$  визначають по формулі:

$$\lambda_0 = \lambda_c * K_c, \quad (5.2)$$

де  $\lambda_c$  – інтенсивність відмов, визначена з таблиц;

$K_c$  – коефіцієнт складності ІС, пов'язаний з кількістю елементів у схемі;

4) якщо ІС не відмічена символом # или \*, то  $\lambda_0$  визначають по формулі (6.13), використовуючи  $\lambda_c$  из /14,таблиця 5.1.2/.

Отримані дані для використовуваних ІС занесені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку інтенсивності відмов мікросхем різного типу

Назва	$N_i$	Обозн.	$K_c$	$\lambda_c$	$\lambda_0$	$\lambda_{\text{эi}}$
1602a	1	DD1	-	$40 \cdot 10^{-8}$	$40 \cdot 10^{-8}$	$40.0 \cdot 10^{-8}$
ESP8266	1	DD2	-	$23.8 \cdot 10^{-8}$	$71.4 \cdot 10^{-8}$	$71.4 \cdot 10^{-8}$
DHT-22	1	DD3	-	$42 \cdot 10^{-8}$	$42 \cdot 10^{-8}$	$42 \cdot 10^{-8}$
T6713	1	DD4	-	$22 \cdot 10^{-8}$	$27.5 \cdot 10^{-8}$	$100 \cdot 10^{-8}$
ATMEGA128	1	DD5	-	-	-	$100.0 \cdot 10^{-8}$

Згідно з даними з таблиці 5.1 проведемо розрахунок  $\lambda$  для сукупності ІС:

$$\lambda_{\text{ис}} = K_a * K_o * \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_{\text{эi}}, \quad (5.3)$$

$$\lambda_{\text{ис}} = 0.5(40*3+71.4+42+100,0*2)10^{-8} = 0.5*10^{-8}*733,4 = 216*10^{-8}, \text{час}^{-1}. \quad (5.4)$$

## 5.2.2 Розрахунок інтенсивності відмов конденсаторів

Для конденсаторов:

$$\lambda_{\text{эi}} = \lambda_o * K_p * K_{\text{э}} * K_c * K_t * K_{\text{п}}, \quad (5.5)$$

де  $\lambda_o$  – сумарна інтенсивність раптових і поступових відмов, поправочні коефіцієнти беруться з таблиць;

$K_p$  – коефіцієнт режиму / 14, таблиця 5.4.4 /;

$K_{\text{э}}$  – коефіцієнт експлуатації / 14, таблиця 5.3 /;

$K_t$  – коефіцієнт, що враховує температурний режим роботи для конденсаторів деяких типів / 14, таблиця 5.4.6 /;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий емкость конденсаторов /14,таблица 5.4.5/;

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт, що враховує включення послідовного активного опору для конденсаторів деяких типів /14,таблица 5.4.7./.

Так як експлуатація виробу передбачає нормальні температурні умови і наявність штучного охолодження, то при  $U/U_n=1.0$   $K_p=1.0$  (для  $t=30^\circ\text{C}$ ).

Отримані дані для використання конденсаторів занесені в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 - Вихідні дані для розрахунку інтенсивности відмов конденсаторів

Наименов.	ЕМК. Ф	$N_i$ шт	ОБОЗН.	$\lambda_o^*$ $*10^{-8}$	$K_p$	$K_{\text{э}}$	$K_c$	$K_t$	$K_{\text{п}}$	$\lambda_{\text{эi}}^*$ $*10^{-8}$
K10-73-16B	332нФ	7	C1	5	1	0.49	0,7	1	1	1,715
K10-73-16B	83,5нФ	7	C2	5	1	0.49	0,4	0,9	1	0,882

Згідно з даними з таблиці 5.3 проведемо розрахунок  $\lambda$  для сукупності конденсаторів:

$$\lambda_c = K_a * K_o * \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_{\varepsilon i}, \quad (5.6)$$

$$\lambda_c = 0.5(0,882*9+1,715*7)10^{-8} = 1,3*10^{-8}, \text{час}^{-1}. \quad (5.7)$$

#### 5.2.4 Розрахунок інтенсивності відмов роз'ємів

Для таких виробів:

$$\lambda_{\varepsilon i} = K_4 * K_p * \lambda_o * K_k * K_c, \quad (5.8)$$

де  $\lambda_o$  береться з /14, таблиця 5.13.1/,

$K_4$  -- /14, таблиця 5.3/,  $K_k$  --/14, таблиця 5.13.2/,

$K_p$  --/14, таблиця 5.13.3/,  $K_c$  -- /14, таблиця 5.13.4/.

Таблица 5.7- Вихідні дані для розрахунку інтенсивності відмов роз'ємів

Наименование	Ni	Обозн.	$\lambda_o * 10^{-9}$	$K_4$	$K_k$	$K_p$	$K_c$	$\lambda_{\varepsilon i} * 10^{-8}$
3-641208-3	8	XS1-XS8	4.7	1	2,58	1	0,6	0,72756
TFM-110-01-X-S-RA	1	XS9	5.02	1	3,23	1	0,4	0,648584

$$: \lambda_{\varepsilon, \text{раз.}} = K_a * K_o * \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_{\varepsilon i}, \quad (5.9)$$

$$\lambda_{\text{раз.}} = 0.5*(0,72756*8+0,648584)*10^{-9} = 6.36*10^{-9}, \text{час}^{-1}. \quad (5.10)$$

$$(5.11)$$

#### 5.2.5 Розрахунок інтенсивності відмов кнопок

$$\lambda_{\varepsilon i} = \lambda_o * K_p * K_k * K_2, \quad (5.12)$$

Таблица 5.9 - Исходные данные для расчета интенсивности отказов переключателей

Наименование	Ni	Обозн.	$\lambda_o * 10^{-8}$	$K_k$	$K_p$	$K_2$	$\lambda_{\varepsilon i} * 10^{-8}$
МП7	1	SA1	6	0,1	0,21	1	0,126

$$\lambda_{\varepsilon i} = 0,126*10^{-8} = 0,126*10^{-8}, \text{час}^{-1}. \quad (5.13)$$

### 5.2.6 Розрахунок інтенсивності відмов для друкованої плати

Проектований виріб монтується на друкованій платі. Для друкованої плати:

$$\lambda_{\text{зі}} = \lambda_0 * K_2 * (N1 * (K_c + K_s) + N2 * (K_c + 13)), \quad (5.14)$$

где  $\lambda_0 = 0.26 * 10^{-8}$  (для навесного монтажу);

$K_2$  – коефіцієнт експлуатації,  $K_2 = 2$  определяется по /14, таблиця 5.3/;

$K_c$  – коефіцієнт, що враховує кількість шарів в платі, для двошарової плати  $K_c = 1$ ;

$K_s$  – коефіцієнт, що враховує кількість вторинних пайок,  $K_s = 1$ , т.к. вторинних пайок немає;

$N1$  – кількість наскрізних отворів, пропаяв хвилею,  $N1 = 0$ ;

$N2$  – кількість наскрізних отворів, пропаяв ручної пайкою,  $N2 = 5$ .

$$\lambda_{\text{э.пл}} = K_a * K_o * \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_{\text{зі}}, \quad (5.15)$$

$$\lambda_{\text{пл}} = 0.5 * 0.26 * 2 * 5 * 13 * 10^{-8} = 3.42,7 * 10^{-8}, \text{час}^{-1}. \quad (5.16)$$

### 5.3 Повний розрахунок надійності

Такий розрахунок проводять з метою визначення основних показників - безвідмовності  $P(t)$  і коефіцієнта готовності системи  $K_r$ . При цьому вважають, що  $\lambda$  - постійна, відмови є незалежними подіями і відмова одного елемента призводить до відмови всієї системи. Зазвичай так буває, коли система не має апаратурно-часової надмірності.

При зроблених вище припущеннях, інтенсивність відмов системи дорівнює сумі інтенсивності відмов її елементів.

$$\lambda = \lambda_{\text{ис}} + \lambda_c + \lambda_{\text{раз}} + \lambda_{\text{пл}}, \quad (5.17)$$

$$\lambda = (216 + 1,3 + 6,36 + 3,42) * 10^{-8} = 227,08 * 10^{-8}, \text{час}^{-1} \quad (5.18)$$

Знаючи інтенсивність відмов системи ( $\lambda$ ), розраховуємо надійність системи (P) за формулою

$$P(t)=e^{-\lambda t}, \quad (5.19)$$

где  $t$  – заданное время.

Для прикладу  $t$  задамо 1, 2, 3, 4, 5 років. Переведемо 1 рік в годинник. Кількість робочих годин на рік визначаємо за формулою:

$$T=K_{\text{и}}*n*p*s, \quad (5.20)$$

де  $T$  – дійсний фонд робочого часу;

$K_{\text{и}}=253$  число робочих днів у році;

$p=24$  – тривалість зміни;

$s=1$  – кількість змін.

Звідси  $T=3238$  годин, тоді  $t_1=3238$ ;  $t_2=6476$ ;  $t_3=9714$ ;  $t_4=12952$ ;  $t_5=16190$ .

$$P(t_1)=e^{-\lambda t_1}=0.99267411567,$$

$$P(t_2)=e^{-\lambda t_2}=0.9854019,$$

$$P(t_3)=e^{-\lambda t_3}=0.978183,$$

$$P(t_4)=e^{-\lambda t_4}=0.971017,$$

$$P(t_5)=e^{-\lambda t_5}=0.9639033$$

Визначаємо напрацювання на відмову за формулою:

$$T_o=1/\lambda, \quad (5.21)$$

де  $T_o$  – наработка на відмову,  $\lambda$  – інтенсивность відмов системи, формула 5.39, тогда  $T_o \approx 440373$  годин.

Визначаємо коефіцієнт готовності системи, який обчислюється за формулою:

$$K_r = \mu / (\lambda + \mu), \quad (5.22)$$

где  $\mu$  – інтенсивність відновлення системи визначається за формулою:

$$\mu = 1/T_{\text{в}}, \quad (5.41)$$

где  $T_{\text{в}}$  – середній час ремонту в /14, таблиця 8.1/  $T_{\text{в}}=10.4$  ,час.

Тогда  $1/10.4=0.0961$ .

Знаючи інтенсивність відновлення, і задавши  $\lambda$ , визначаємо за формулою 5.40 коефіцієнт готовності системи:

$$K_r = 0.0961 / (227.08 \cdot 10^{-8} + 0.0961) \approx 1. \quad (5.23)$$

Проведені розрахунки показують, що показники надійності задовольняють вимогам. Така ситуація не дивна, оскільки механічні вузли систему будуть давати основний вплив на сумарну інтенсивність відмов.

### 5.3 Діагностичне забезпечення

#### 5.3.1 Загальні положення

При діагностичному забезпеченні проектного виробу передбачається використовувати логічну діагностичну модель. Також передбачається розробка алгоритму діагностування та створення відповідного програмного забезпечення.

Технічне діагностування проектного пристрою повинно здійснюватися в процесі: а) виробництва; б) експлуатації і ремонту.

Метою технічного діагностування є підтримка встановленого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки та ефективності використання пристрою.

Технічне діагностування спрямоване на вирішення таких взаємопов'язаних завдань: а) визначення виду технічного стану; б) пошук місця відмови.

Забезпечення пристосованості виробу до діагностування має здійснюватися відповідно до ГОСТ 26656-85 / 15 /.

#### 5.3.2 Показники та характеристики діагностування

Показники достовірності і точності діагностування згідно з додатком 2 ГОСТ 27518-87 / 15 / наведені в таблиці 5.10.

Встановлюються такі характеристики діагностування:

- при визначенні виду технічного стану виробу - номенклатура параметрів виробу, що дозволяють визначити його технічний стан;
- при пошуку місця відмови або несправності - глибина пошуку місця відмови або несправності;

- при прогнозуванні технічного стану - номенклатура параметрів виробу, що дозволяють прогнозувати його технічний стан.

Таблиця 5.10- Показники достовірності і точності діагностування

Задача діагностування	Результат діагностування	Ошибки, снижающие достоверность
Визначення виду технічного стану.	Висновок у вигляді: виріб справно вони не справно	Імовірність того, що в результаті діагностування виріб визнається справним за умови, що воно несправне. Імовірність того, що в результаті діагностування виріб визнається несправним.
Пошук місця відмови або несправності.	Вказівка адреси елемента або групи елементів, які мають несправний стан.	Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про відсутність відмови (несправності), за умови, що ця відмова має місце. Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про наявність відмови (несправності), за умови, що ця відмова відсутня.
Прогнозування технічного стану.	Чисельне значення параметрів технічного стану на задається період часу.	Середньоквадратичне відхилення прогнозованого параметра.

#### 5.4 Вимоги до діагностичного забезпечення виробів

Діагностичне забезпечення повинно включати:

1. номенклатуру діагностичних параметрів і їх характеристик (номінальні, допустимі значення, точки введення, точки контролю і т. Д.);
2. методи діагностування (метод взаємних перевірок або метод розширюється ядра, метод розширюється областей або метод зосередженого ядра);
3. засоби технічного діагностування (СТД);
4. правила діагностування.



Номенклатура діагностичних параметрів повинна задовольняти вимогам повноти, інформативності та доступності вимірювання при найменших витратах часу і вартості реалізації.

Методи діагностування повинні визначатися, виходячи з встановлених завдань, і включати: діагностическую модель изделия (т.к. проектируемое устройство можно представить в виде структурированного объекта, то для него используется логическая модель);

- алгоритм діагностування та програмне забезпечення (Цей пристрій застосовується умовний алгоритм діагностування);

- правила вимірювання діагностованих параметрів;

- правила визначення структурних параметрів;

- правила аналізу і обробки діагностичної інформації та прийняття рішення.

Засоби технічного діагностування повинні забезпечувати визначення або контроль діагностичних параметрів в режимах роботи виробу, зазначених в експлуатаційній документації.

За пристосуванню діагностування передбачається найбільш оптимальним застосувати зовнішні засоби технічної діагностики. Згідно рекомендованим додатком 2 ГОСТ 26656-85 / 15 / вибирається рекомендований рішення по ПД виробу, і результати заносяться в таблицю 5.11..

Таблиця 5.11 - Варіант рекомендованого рішення по ПД виробу

Вид СТД	Опис робіт при підготовці виробу до діагностування	Характеристика способу сопряжения изделия со СТД	Характеристика способ унификации сигналов в каналах связи
Зовнішні	Роботи з підготовки виробу до діагностування включають: - тільки в особливо зазначених випадках монтажно-демонтажні роботи; - підключення СТД.	Уніфікований з'єднувач.	Сигнали в каналі зв'язку з зовнішніми СТД уніфіковані.

## 6 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

Схема алгоритму наведена у ІА361С.071300.007 СА

Алгоритм роботи програми розрахований на постійну подачу електроенергії. Гідропонна ферма – система чутлива до зупинок електропостачання, тому для коректного функціонування необхідно використовувати джерело аварійного енергопостачання. Система аварійного енергопостачання допоможе вберегти рослини від загибелі при відсутності аерації та забезпечить коректне виконання програми.

На початку роботи оператор підключає ферму до ПК з встановленою програмою налаштування ферми та надсилає на контролер налаштування такі як пароль та назву wifi мережі, адресу хостингу серверу аналізу даних та керування, початкові налаштування ферми.

Далі на ПК запускається програма калібрування датчику, оператор по черзі калібрує кожен сенсор у відповідних розчинах.

Після закінчення калібрування оператор вімикає ПК та ферма починає роботу відразу після подання напруги. Подальше налаштування не потрібне.

Перед початком роботи ферми необхідно провести калібрування сенсорів pH та електропровідності. Для цього необхідно запустити програму калібрування та провести калібрування за допомогою еталонних розчинів, котрі ідуть в комплекті з датчиками.

При підключенні до мережі ферма відразу починає роботу. Основний цикл роботи системи управління гідропонної ферми складається з надсилання запитів віддаленому серверу для оновлення характеристик циклу роботи. Наприклад можливе оновлення наступних параметрів:

1. Цільова температура
2. Цільова вологість
3. Цільовий рівень pH
4. Цільовий рівень провідності
5. Цільовий рівень CO<sub>2</sub>

Далі проводиться опитування всіх датчиків системи.

1. температура повітря
2. вологість повітря
3. температура поживної суміші
4. РН суміші
5. рівень CO<sub>2</sub> в повітрі
6. провідність суміші
7. рівень поживної суміші
8. присутність потоку води з помпи

Данні зі всіх датчиків відправляються на віддалений сервер де вони зберігаються для подальшого аналізу на сервері оператором.

Потім запускається підпрограма аналізу значень сенсорів ціль якої коректування стану різних характеристик гідропонної ферми.

Для забезпечення стабільності керування системою на кожен агрегат, де можливо буде використовуватися ПД контроллер.

Пропорційно-інтегрально-диференціючий (ПД) регулятор - пристрій в керуючому контурі зі зворотним зв'язком. Використовується в системах автоматичного управління для формування керуючого сигналу з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу. ПД-регулятор формує керуючий сигнал, який є сумою трьох доданків, перше з яких пропорційно різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), друге - інтеграл сигналу неузгодженості, третє - похідна сигналу неузгодженості.

Для контролю вологості та температури повітря використовується кондиционер. Роль контролю РН відіграє система дозування, котра буде скидувати таблетки нормалізації РН. CO<sub>2</sub> контролюється за допомогою відкриття та закриття клапану балона. Але в базовому варіанті системи така можливість не передбачена. Провідність суміші відповідає за наявність достатньої кількості поживного розчину в воді.

## 6.1 Розробка і опис схеми алгоритму роботи контролера

Загалом алгоритм роботи складається наступних кроків:

1. Отримання даних з серверу. На даному кроці система управління повинна надіслати запит на сервер та отримати всі змінні керування. В них входять наступні параметри: 1) команда запуску калібрування сенсору РН або електропровідності; 2) цільові значення РН, електропровідності.
2. Виконується перевірка на необхідність виконання калібрування сенсору РН або електропровідності. У разі необхідності буде проведено запуск програми калібрування.
3. Якщо виконуються умови минулого пункту виконується запуск калібрування.
  - 3.1. Система чекає, поки оператор не підтвердить те, що він занурив щуп сенсору РН або електропровідності у еталонний розчин.
  - 3.2. Виконується підпрограма калібрування РН. Набирається статистика значень, вони усереднюються та число записується як систематична похибка детектору.
  - 3.3. Систематична похибка та сигнал про закінчення калібрування надсилається на сервер, а система повертається до пункту 1.
4. Виконуються опитування всіх сенсорів системи. В них входить сенсор РН, електропровідності, данні про температуру і вологість у приміщенні, рівень CO<sub>2</sub> в приміщенні, перевіряється чи рівень рідини у баку не нижче критичного, та зчитується швидкість потоку води з помпи.
5. Якщо ПД-контролер не налаштований – виконується крок автотюнінга контроллера. Для цього використовується алгоритм автоматичного знаходження оптимальних значень ПД контроллера. Даний крок проводиться як з сенсором РН так і з електропровідності.
6. Якщо ПД контролер налаштований, то перевіряється необхідність зміни рівня РН у рідині та зміни рівня електропровідності. При необхідності подається сигнал на реле керування приладом зміни РН або

електропровідності для подачі сигналу увімкнення відповідного пристрою. Коректується рівень РН та електропровідності.

7. Надсилаються дані всіх сенсорів (сенсор РН, електропровідності, данні про температуру і вологість у приміщенні, рівень CO<sub>2</sub> в приміщенні, рівень рідини у, та швидкість потоку води з помпи), а також дані про виконані маніпуляції з регуляторами РН та електропровідності.

					<b>IA361C.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						65
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

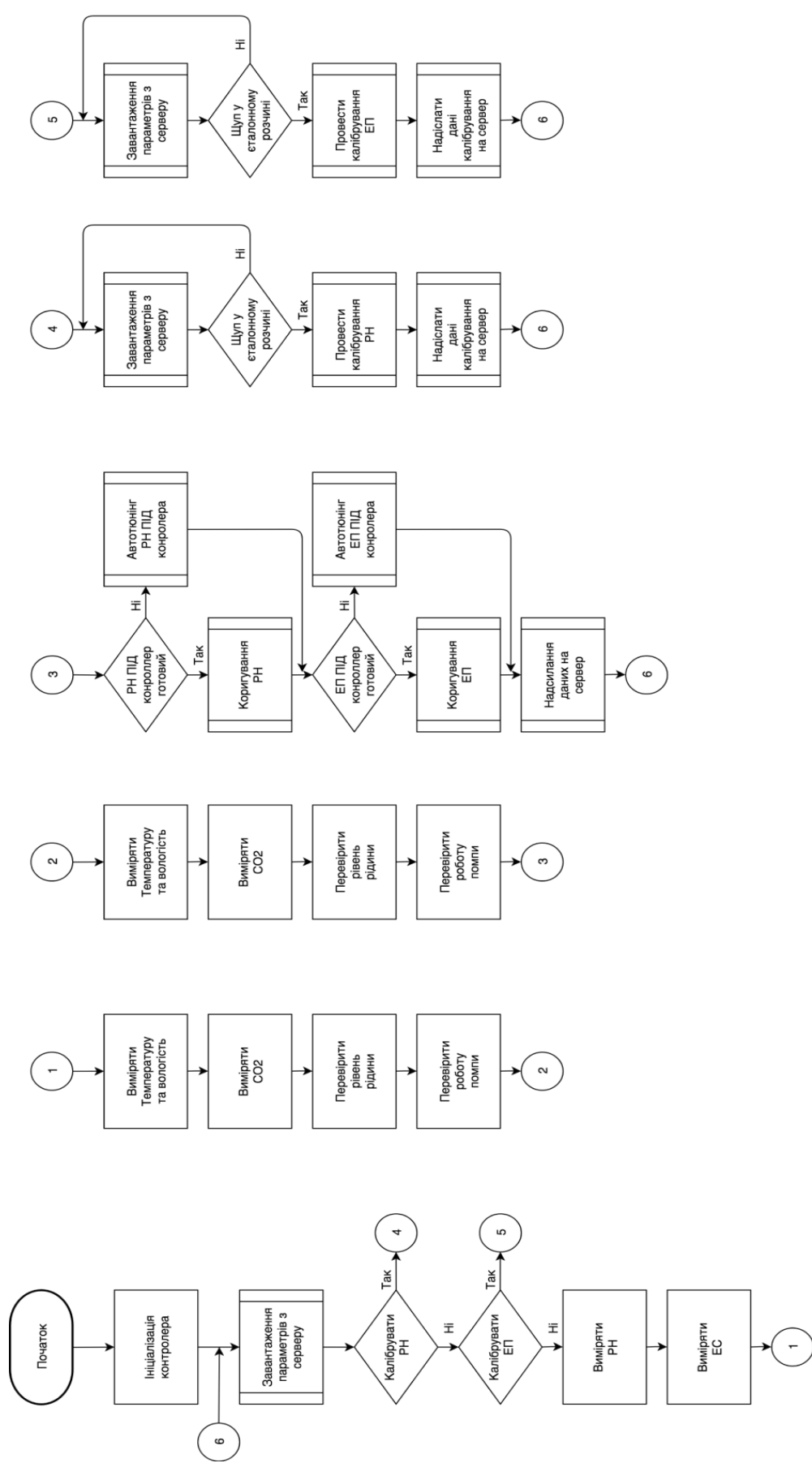


Рисунок 5.14 – Схема алгоритму роботи контролеру системи керування процесами гідропонної ферми

## 7 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

У дипломному проекті розроблена принципова схема контролера

Схема розроблена і зібрана в пакеті проектування Microsoft Office Visio (лист ІА361С.071300.007 ЭЗ).

Призначення окремих вузлів і елементів:

- BQ1 - кварцовий резонатор, який визначає тактову частоту мікроконтролера.
- В даний роботі використовувався кварцевий резонатор РК - 169 - МА – 6АН – 8МГц;
- C1, C2 - два конденсатора, що використовуються для роботи тактового генератора в складі мікроконтролера;
  - R37, R38, C17, VD1 - ланцюжок скидання, яка формує сигнал «скидання» («RESET») для мікроконтролера автоматично при включенні живлення +5 і при натисканні зовнішньої кнопки «Скидання» (див. Роз'єм XS8);
  - DD5 - мікроконтролер ATMEGA128, що виконує функцію управління роботи системи;
  - DD3 - Сенсор температури та вологості DHT-22, служить для оцінки температури та вологості повітря у приміщенні гідропонної ферми;
  - DD1 – рідкокристалічний дисплей, служить для виводу помилок системи та деяких параметрів роботи;
  - DD4 - Сенсор рівня CO2 T6713 служить для оцінки рівня CO2 у повітрі повітря у приміщенні гідропонної ферми;
  - DD2 - WIFI модуль ESP8266, служить для зв'язку з сервером що дає змогу отримувати параметри керування та надсилати інформацію про стан роботи ферми;
  - C21 ... C25 - фільтри, служать для боротьби з високочастотними перешкодами, розташовуються на друкованій платі біля висновків напруги живлення мікросхем DD1 ... DD5;
  - XS1, XS2 ... XS9 - служать для зв'язку контролера з зовнішніми пристроями: датчиком PH через модуль PH (XS1); датчиком електропровідності через модуль

електропровідності (XS2); датчиком рівня рідини у баці поживної суміші (XS3), датчиком потоку рідини у патрубках помпи (XS4), лінією мережі UART (XS6); пристроєм відображення інформації (XS9), джерелом живлення (XS0);

У якості роз'ємів використовується роз'єм 3-641208-3 для XS1- XS8 та роз'єм TFM-110-01-X-S-RA для підключення рідкокристалічного дисплею (XS9)

## 7.1 Плата

Схема розроблена і зібрана в пакеті проектування OrCad 17.2. Електрична принципова схема зібрана в пакеті проектування OrCad 17.2 Capture. Імпортована в Layout +, де надалі була розлучена в друковану плату розміром 180x120 з кроком координатної сітки 0,5 мм і вертикальним перерізом 15 мм.

Плата приведена на аркуші ІА361С.071300.07.

Оформлення креслень друкованих плат здійснюється відповідно до вимог Державних стандартів і СТП КПП 2.001-83.

Технічні вимоги до друкованої плати:

1. Плату виготовити комбінованим негативним методом
2. Плата повинна відповідати ОСТ 4.077.000
3. Крок координатної сітки 2,5 мм
4. Конфігурацію провідників витримувати по координатної сітки з відхиленням від креслення 0,05 мм
5. Мінімальна відстань між провідниками 0,25 мм
6. Мінімальна ширина друкованих провідників 0,5 мм
7. Граничні відхилення відстаней між центрами отворів, крім обумовлених особливо, у вузьких місцях  $\pm 0,1$  мм, в вільних місцях  $\pm 0,25$  мм
8. Плата повинна відповідати ГОСТ 23751-86 клас точності 3.

Установку елементів проводити за ОСТ4.ГО.070.014.

Припій ПОС 61 ГОСТ 21930-76. Максимальна висота елементів над платою 13мм. На платі є чотири кріпильних отвори для монтажу.

					<b>ІА361С.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						68
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



## 7.2 Складальне креслення

Складальне креслення представлений на аркуші ІА361С.071300.007 СБ України. Головне завдання збірки - максимально компактно і раціонально розмістити елементи на обмеженій площі. Позначення елементів відповідає принциповій схемі ІА361С. 071300. 007 ЕЗ.

Установку елементів проводити за ОСТ4.ГО.010.030.

Припій ПОС 61 ГОСТ 21930-76. Максимальна висота елементів над платою 13мм. На платі є чотири кріпильних отвори для монтажу.

					<b>ІА361С.071300.007.ПЗ</b>	Лист
						69
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## ВИСНОВКИ

В даній роботі була поставлена задача створення промислового зразка автоматичної системи управління процесами гідропонної ферми. Оскільки даний проект є достатньо інноваційним у порівнянні з традиційними методами ведення сільського господарства, то передусім була поставлена ціль створити мінімальний життєздатний продукт для перевірки ринкового попиту на нього.

Для розробки прототипу використовувалися сенсори з вбудованими нормуючими перетворювачами що дозволило максимально спростити проектування системи, в той же час даючи змогу контролювати основні параметри для забезпечення максимально продуктивного росту рослин.

Основна вартість системи зумовлена високою вартістю сенсорів PH та електропровідності а також CO<sub>2</sub>, які представлені на ринку невеликою кількістю компаній. Тому для збільшення рентабельності насамперед необхідно оптимізувати вибір саме цих датчиків, можливо обравши більш прості варіанти у межах необхідної похибки.

Також можливим шляхом вдосконалення системи може бути збільшення кількості контрольованих параметрів та сенсорів. Наприклад можна оптимізувати світловий режим рослин та температуру поживної суміші, але для просування у цьому напрямку необхідна експертна допомога ботаніків, оскільки юіологічна система – достатньо складний об'єкт і він не входить в наукову компетенцію автору даної наукової роботи.

Іншим фактором, який може внести суттєвий внесок у швидкість росту рослин є концентрація CO<sub>2</sub>. Хоча розроблювана система і має сенсори для спостереження за концентрацією CO<sub>2</sub> у приміщенні, все ж контроль за цим параметром покладено на власників приміщення. У наступних версіях продукту можна додати опцію керування рівнем CO<sub>2</sub> за допомогою встановлення газобалонного обладнання з CO<sub>2</sub>, та змінювати концентрацію у повітрі за допомогою клапанів на газовому балоні, контролюючи залишковий рівень CO<sub>2</sub> у балоні за допомогою електронних вагів. Деякі дослідження показують, що

швидкість росту росли при оптимальному рівні CO<sub>2</sub> може збільшитись у 1.5 разі, що дає надзвичайно важливий внесок у сумарну рентабельність системи, полегшуючи задачу переконання клієнтів у необхідності переходу на такі високотехнологічні системи, як автоматизована система управління процесами гідропонної ферми.

					<b><i>IA361C.071300.007.ПЗ</i></b>	Лист
						71
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## Список літератури

1. Евстифеев А. В., мікроконтролерів AVR сімейства мега фірми "АТМЕЛ". - М .: Видавничий дім "Додека - ХХІ", 2007
2. Боборикін А. В. та ін. Однокристалний мікроЕОМ - М .: Мікап, 1994. - 400 с..
3. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — Издание 8-е, стереотипное. — М.: Физматлит, 2012. — 536 с. — («Теоретическая физика», том II). — ISBN 5-9221-0056-4.
4. Електронні промислові пристрої: Підручник для студентів вузів, В.І. Васильєв, Ю.М. Гусєв, В.Н. Миронов та ін. - М .: Вища школа, 1988.- 303стр.:
5. Ил.Ландау, Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. — М. : Гостехиздат, 1957. — 532 с. — (Теоретическая физика).
6. Руденко В.С. и др. "Приборы и устройства промышленной электроники". В.С. Руденко, В.И. Сенько, В.В. Трифонюк, К.: Техника, 1990. -368стр.
7. Юревич Е.И. "Электромагнитные устройства автоматики". -М.: Энергия, 1964.
8. Демидович Сборник задач и упражнений по математическому анализу 624 стр. М.: "ЧеРо", 1997. Страницы: 1-50 (№№ 1-397)
9. Усатенко С.Т. та ін. Графічне зображення електрорадіосхем: Довідник. - К.: Техніка, 1986. - 120 с .: іл.
10. Інформаційний Інтернет-ресурс <http://www.atmel.com – products>
11. Інформаційний Інтернет-ресурс <http://www.snapeda.com- Circuit boards>.
12. "Commercial Aeroponics: The Grow Anywhere Story". In Vitro Report. Research News. The Society for In Vitro Biology (44.2). 2008.
13. Barbosa, G.; Gadelha, F.; Kublik, N.; et al. (2015). "Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods". Int. J. Environ. Res. Public Health. MDPI. 12 (6): 6879–6891. doi:10.3390/ijerph120606879

14. Сташін В. В. та ін. Проектування цифрових пристроїв на  
однокристальних мікроконтролерах. – М.:Енергоатомиздат, 1990.-226 с.
15. Прангвишвили И. В. Мікропроцесори і локальні мережі мікроЕОМ в  
розподілених системах управління - М.: Энергоатомиздат, 1985
16. Алиев Э. А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. — К.:  
Урожай, 1985.
17. Ладик А. И., Сташкевич А. И. Изделия электронной техники.  
Пьезоэлектрические и электромеханические приборы: Справочник. —  
М.: Радио и связь, 1993. — 104 с. — 3000 экз. — ISBN 5-256-01145-6,  
ISBN 5-256-00588-X
18. Воробьева Н.И., Корнейчук В.И., Савчук Е.В. Надежность  
компьютерных систем. –К.: “Корнійчук”, 2000. –144 с., ил.
19. Справочная книга для проектирования электрического  
освещения.Под ред. Г.М.Кнорринга Л.,1976.

